وزارة المعارف العمومية

كتاب
الآراء العلمية الحديثة

تأليف
شارل جبسن
عضو الجمعية الملكية بأدنبره

ترجمه الى العربية
ابراهيم رمزى افندى
المفتش بوزارة المعارف

وراجع ترجمته
أحمد عاصم بك و محمد عبد الواحد خلاف افندى
المفتش بوزارة المعارف المفتش بالجمعية الخيرية الاسلامية

المطبعة الأميرية بالقاهرة
١٩٢٨

وزارة المعارف العمومية

كتاب
الآراء العلمية الحديثة

تأليف

شارل چبسن

عضو الجمعية الملكية بأدنبره

ترجمه الى العربية

ابراهيم رمزى افندى

المفتش بوزارة المعارف

وراجع ترجمته

أحمد عاصم بك و محمد عبد الواحد خلاف افندى

المفتش بوزارة المعارف — المفتش بالجمعية الخيرية الاسلامية

المطبعة الأميرية بالقاهرة

١٩٢٨

فهرس

صفحة

صفحة

الباب الثانى عشر

الباب الثالث عشر

الباب الرابع عشر

الباب الخامس عشر

الباب السادس عشر

الباب السابع عشر

الباب الثامن عشر

الباب التاسع عشر

الباب العشرون

الباب الحادى والعشرون

الباب الثانى والعشرون

الباب الثالث والعشرون

صفحة

الباب الرابع والعشرون

الباب الخامس والعشرون

الباب السادس والعشرون

الملحق الأول

الملحق الثانى

الملحق الثالث

الملحق الرابع

كشف الصور والأشكال

الرسوم المدرجة فى المتن

مقدّمة

كلما اتسعت معلومات الانسان زادت كتب العلم تعقدا وأمعنت فى الفنية . واليوم لا تجد فى الناس الا قليلا ممن تسير بهم الحياة فى مناكب غير مناكب العلم ، يجد لديه سعة من الوقت أودافعا من الميل الى دراسة الأبحاث الفنية . ومع ذلك فانه لما كانت آراؤنا العلمية فى الوقت الحاضر مختلفة جد الاختلاف عن آراء عهد الجيل الماضى فان فى الناس كثيرين يشتهون أن يتعرفوها ويفهموها . ليس ثمة من سبب يدعو الكثيرين من الناس الى قضاء حياتهم على ظهر هذا الكوكب ولا يعرفون شيئا — واذا عرفوا فقليل — عن أمر القوى التى خلق بها البارى تعالى هذه الدنيا ، والتى تحفظها على صورتها التى هى عليها . حقا ان أسئلة من قبيل : مم تتكون ذرات المادة ؟ ما هو الضوء ؟ ما هى الكهربائية وما إلى ذلك — هى مما يهم سكان هذا الكوكب .

ولقد حاول المؤلف فى هذا الكتاب أن يشرح الآراء العلمية الشائعة اليوم دون أن يستعمل فى هذا الشرح لغة وراء متناول القارئ كائنا من كان ، ولقد راعى أن يجعل كلامه بحيث لا يحتاج من القارئ الى سبق دراية بالعلوم الطبيعية بتة ، ولا علم بالرياضيات . على أن " التحذير " الملحق بهذه المقدمة قد استوجبته حوادث حدثت بصدد بعض كتب له أخرى . فقد ظهر من أسئلة قدمت اليه ، بل أقر السائلون ، أنهم يقرأون الأبواب دون أن يراعوا ترتيب ورودها فى سياق الكتاب .

والمؤلف مدين بالشكر للأستاذ جيمس موير ، الدكتور فى العلوم والأستاذ فى الآداب ، والأستاذ ماجنس ماكليان الأستاذ فى الآداب والدكتور فى العلم والعضو بجمعية العلوم الملكية ، وأحد

أعضاء كلية كلاسكو وغربى اسكوتلاندا ، الفنيـة ، والى هـ . ستانلى الأستاذ فى الآداب والبكلوريوس فى العلوم، وكبير المحاضرين بكنجس كولدج بجامعة لندن ، لتفضلهم بقراءة تجارب الكتاب . وهو مدين بالشكر أيضا لحضرات السادة الواردة أسماؤهم فيما بعد لمساعدتهم فى صـدد الصور : الأسـتاذ جيمس مو ير والدكتور ر . م. بوكانان وولتر . أ . سكوبل وشارلس ستيوارت، وجون ملينان بكلاسكو ، والأستاذ أ . أ . بارنارد ، بأمريكا ، وأدكار سينيور، وشركة ادوارد تشسترتون، ور بمان (مكتب تسجيل شعاع الراديوم) وأرثر أ . سميث بلندن ، وكذلك أندرو أ . مو ير بكلاسكو لتفضلهم برسم الأشكال الواردة فى المتن . [1]

مقدّمة الطبعة الثالثة

يسعد النفس أن تدعو الحاجة الى طبعة ثالثة من الكتاب فى غضون السنة الأولى من ظهوره لأول مرة . وقد أعيد طبعه كما هو إلا باصلاح بعض أغلاط كتابية كانت فيه .

أكتوبر سنة ١٩٠٩

مقدّمة الطبعة السادسة

منذ نشر الطبعات السابقة من هذا الكتاب قام سير ج . ج . تومسون بعمل بحثى عظيم القيمة على ذلك الشيء المبهم الذى نسميه " الكهربائية الايجابيـة " وكذلك أضيف الى الكتاب

(١) أشكر للأستاذ أحمد افندى فهمى أبى الخير المعيد بقسم العلوم بالجامعة المصرية تفضله بمراجعة أصول الترجمة لضبط ألفاظها الاصطلاحية قبل تقديمها الى الوزارة (المترجم)

فى هذه الطبعة باب جديد عنوانه « ماهى الكهربائية الايجابية؟ » نعم لا يزال هـذا السؤال مفتقرا أشد الافتقار الى جوابه الصحيح ولكن ما جرى حتى اليوم يعتبر بداية فى سبيل الاجابة عليه .

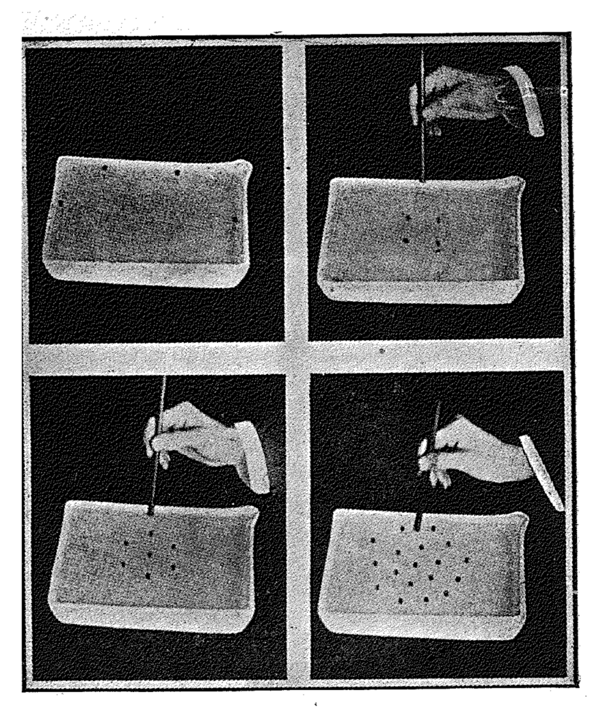
وقد أضفنا الى الباب الثالث عشر خلاصة مختصرة عن النظرية الجديدة التى وضعها المؤلف ليشرح بها حلقة الاتصال بين الأمواج الأثيرية للضوء واستشعارات اللون التى تحدثها هذه الأمواج .

ما يمر عام على نظرية الكهرب (الاليكترون) إلا وهى تثبت وتتأكد ، ولذلك كان من المهم أن يعطى القارئ العادى من التفسير والشرح ما يستطيع فهمه بسهولة .

سبتمبر سنة ١٩١٩

تحذير

يميل كثير من القرّاء عندما يلتقطون كتابا من الكتب الى القاء نظرة عاجلة على صحيفة مشتملات الكتاب . يختارون من الأبواب بابا يلوح لهم من عنوانه أنه شائق ، ثم يأخذون فى قراءة هذا الباب أولا . ولا حاجة بنا الى القول بأن هذه خطة رديئة ولا سيما اذا كان القارئ لم يسبق له علم بالموضوع ، لأن المؤلف يفرض وهو يكتب كل باب ، أن القارئ قد اطلع على كل ما قبله من الأبواب . غرض المؤلف أن يجعل مادة الكتاب برمتها مدركة لكل قارئ على أتمها ، فاما أن يجعل كل باب تاما فى ذاته من غير تكرار ذكر الحقائق واعادتها المضنية فأمر يعد من المستحيل . اذا ابتدأ الانسان قراءة الكتاب من الباب الأول تبسط له الموضوع اذا هو مضى فيه تباعا إذ يؤدى كل باب الى الباب الذى وراءه حتى يبلغ القارئ نهاية الكتاب ، كمراسى الخطو الموطأة عبر النهر الواسع .



أشكال منتظمة محدثة بتأثير مغناطيسات عائمة

فى الصورة الفوتوغرافية الأولى (من اليسار) ترى أبر المغناطيسية الصغيرة العمودية متدلية من قطع الفلين الى أدنى . اذا تركت وشأنها تجد الأقطاب المتماثلة ينفر بعضها عن بعض . أما فى الصـــور الأخرى فترى يدا ممسكة بمغناطيس من القطب المضاد فوق مركز الحوض ، ولذا تكوّن المغناطيسات الصغيرة أشكالا تكون دائما على صورة ثابتة تبعا لعددها . وهذه التجارب تساعدنا على تكوين صورة ذهنية عن تركيب الذرة .

الآراء العلمية الحديثة

البـاب الأول

توطئة

إن يكن كف عدد كبير من جمهور القراء عن اعتبار "العلوم" (Science) اشياء "جافة" ، فلا يزال كثير من أذكياء الناس يرون جميع الآراء العلمية ضربا من اللحن أى الاصطلاح الفنى .

نعم لا بد أن تلوح الكتب العصرية فى العلوم للقارئ العـادى كأنما كتبت بلغة لا يفهما ، ولكن لا مشاحة فى أن الألفاظ والكلم الاصطلاحية التى تتضمنها صفحاتها لم توضع لتدخل الحيرة على غير المتعلمين ، بل لتبسط الوصف لهم ، فقد تقوم الكلمة الاصطلاحية الواحدة مقام ما لا يمكن التعبير عنه بالكلام العادى فى جملة كاملة بل فى جمل عديدة ، وما قد يراه غير المثقف ايضاحا وتفسيرا بسيطا يراه الخبير افراطا فى الاسهاب واللف للتعبير عن هذه الآراء . فالألفاظ الاصطلاحية هى فى الواقع مجازات قصيرة .

لقد استهجن مدير جامعة لندن فى اجتماع عقده المجمع البريطانى فى سنة ١٩٠٨ ما يراه من ازدياد استعمال الاصطلاحات الفنية فى الكتابة العلمية ، ومع اعترافه بضرورة ذلك فانه أشار الى أن ذلك من شأنه أن يجعل كثيرا من المؤلفات العلمية غامضا لا تدركه الا طائفة قليلة من الاخصائيين ، وذهب الى القول بأنه ليس بين قضايا العلوم الا قليل جدا يستعصى التعبير عنه بغير لغتها ، وأكد لمعاونيـه أنهم اذا تجنبوا لغة الاصطلاح الفنى ، فانهـم يكونون بهذا أقدر على ايقاظ النفوس للاهتمام بالمسـائل العلمية وعلى منع ما يخشى حدوثه فى النهاية من النفرة بين الفكر العلمى والفكر العادى .

ولقد قال سير ج . ج طمسن (J.J. Thomson) الكمبردجى حين كان رئيسا للمجمع البريطانى فى سنة١٩٠٩ "إنى أرى أن العالم الفرنسى الفوسيقى الشهير (Physicist) لم يقترف الا قليلا من المبالغة حين قال إنه لا يعد أى استكشاف ذا بال ، ولا أن صاحبه قد ألم به حق الالمام حتى يستطيع أن يفسر كنهه لأول من يقابله فى الطريق" .

ومنذ ثلثمائة عام خرج غاليليو (Galileo) على عادة التمسك بوضع المؤلفات العلمية باللغة اللاتينية ، واستعمل اللسان "المستهجن" الايطالى . وقد ذكر غاليليو سبب تنكبه هذه الخطة فقال : "قد تكون للناس عقول مقوّمة تقويما لائقا ، ومع ذلك فانهم اذ لا يقدرون على فهم الأشياء المكتوبة بلغة غامضة يوقر فى نفوسهم أن صفحاتها المربكة لا بد أنها تتضمن نوعا بالغا من شعوذة المنطق أو الفلسفة أعلى من أن يأملوا إدراكه . وانى أريد أن يعرفوا أن الطبيعة التى جعلت لهم عيونا كما جعلت للفلاسفة ليبصروا بها أعمالها أعطتهم مثلهم عقولا ليتفحصوا تلك الأعمال ويدركوها" .

من الناس من يرى فى التطبيقات العلمية للعلوم أهمية عظمى ، ولكن الكثيرين منا يرون أن هذه التطبيقات ، وان كانت مهمة ، لا يمكن أن يكون لها من الخلابة ما للمجهود الذى يبذل فى سبيل كشف المعانى الخفية للأمور التى تحدث فى الطبيعة حولنا . فمن الطبيعى مثلا أن نتساءل : مم تتركب المادة ؟ وما السرّ فى أننا نجد بعض المواد سائلة حين نجد غيرها صلبة أو غازية ؟ ونقول ما معنى التماسك ؟ وما الاتحاد الكيمائى ؟ وماذا يؤلف درجة حرارة المادة ؟ ومم تتكوّن الذرات ؟ وما التيار الكهربائى ؟ وماذا يحدث للشيء حين يكهرب ؟ ومن أين تأتى مغناطيسية قطعة الحديد .

ثم هناك اسئلة عدة عن الطاقة واثير الفضاء، وكذا عن طبيعة الضوء والحرارة. فنسأل: لماذا نرى الأشياء مختلفة الألوان ؟ ثم نريد أن نعرف أيضا آراء العلم فى خلق الكوكب السيار الذى نعيش عليه، ومن أين أتت الحياة ؟ وما الجاذبية ؟ ثم يذهب بنا الأمر الى التساؤل عن: ما هى أشعة اكس السينية ؟ وكيف يبعث الراديوم تيارا مستديما من الأشعاع ؟

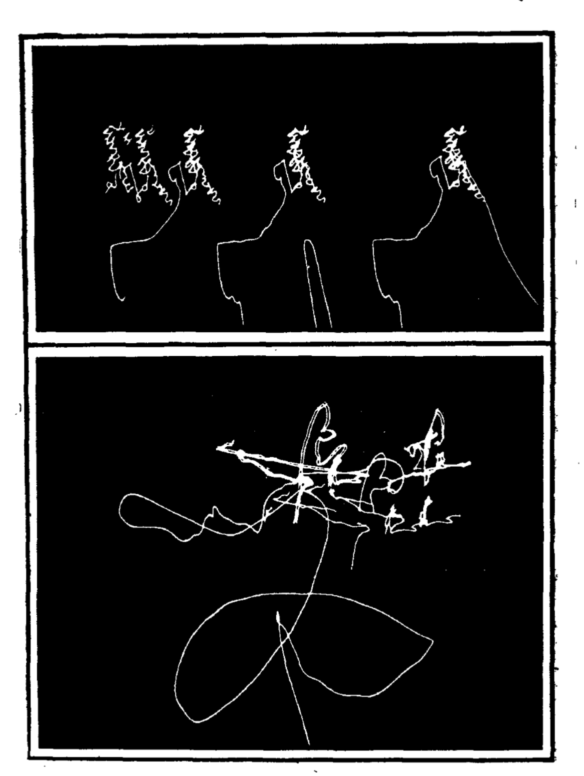
لم يمكن تفسير كثير من هذه الظواهر تفسيرا معقولا قبل ظهور نظرية الكهرب أى الأليكترون (Electron Theory) والغرض من هذا الكتاب هو شرح هذه النظرية باللغة المتداولة. ولكنا أحيانا نجد فى الناس من يرون النظرية أمرا لا يجدى شيئا بتة، ويحسبونها نوعا من التخمين الاغراقى الذى لا يضيرنا جهله. على أن النظرية ليست مجرد تخمين، فانه لما وجد القدماء أن قطعة الكهرباء (الكهرمان) اذا دلكت جذبت اليها قطعا من القش وغيره من الأشياء الخفيفة استنتجوا أن الكهرباء تتضمن روحا، وأن الدّلك أعطاها حرارة وحياة. ولم تكن هذه نظرية بمعناها الصحيح، بل مجرد تخمين لأنهم لم يستطيعوا أن يقدموا من الحقائق المشاهدة ما يؤيد زعمهم.

اننا اذا جمعنا عددا من الحقائق المشاهدة بدقة وحاولنا تفسيرها فان تفسيرنا هذا الذى نحاوله هو ما يسمى نظرية، ثم نأخذ فى البحث عن حقائق أخرى جديدة ينبغى أن يكون فى الامكان تفسيرها بنظريتنا، فاذا أخفقنا فى ذلك فلا بد لنا من تعديل نظريتنا أو وضع نظرية جديدة. وسترى فيما يلى أن آباءنا الأقدمين كانوا يعتقدون أن الضوء شىء مادى مركب من جسيمات صغيرة جدا فى حين انا نعتقد اليوم أنه ليس الا حركة موجية فى وسط ما، ومن

جهة أخرى فقد كان الناس فى زمن من الأزمان واثقين تمام الوثوق من أن الكهربائية ليست مادة بل انها مجرد أسلوب من الحركة فى وسط . على أنا اليوم نملك من الأدلة القاطعة ما يثبت أن الكهربائية شيء حقيقى كائن مركب من جسيمات لانهاية لصغرها .

ان أول ما يعمل عند ما تعرض نظرية ما ، هو أن توضع موضع الاختبار . وعندنا فى الرسم المقابل مثل بسيط : أرسل الىّ أحد المكاتبين الصورة الشمسية التى أعيد طبعها بأعلى الصفحة وذكر أنها صورة فوتوغرافية لوميض برق أخذها منذ بضع سنين . وقال فى رسالته : " واضح أنها نفس الوميض مكررا فى فترات تناقصت مدتها بانتظام" واستخلص من هذا أن هذه الصور الخمس انما نشأت عن حدوث انعكاس من أجزاء مختلفة من العدسة ، ووجه الغموض هنا هو كيف أمكن حدوث هذا ؟ أما تقرير هذه النظرية فهى أنه لا يمكن حدوث خمس ومضات برقية متشابهة تمام التشابه كما ترى .

وقد أدى فحص الرسم الفوتوغرافى الى استنتاج أن ليس فى الصور صورة مسببة عن البرق ، وانما أنتجها جميعها خمسة مصادر ضوئية مفترقة . وقد كان بعيد الاحتمال أن تتحرك خمسة مصادر ضوئية باطراد على أسلوب شاذ واحد . ولذلك رؤى أنه من المحتمل أن مصادر الضوء كانت مثبتة ، وأن لوحة الصورة كانت قد حركت . وقد قيل للكاتب فى الرد عليه ، باحتمال أنه عند ما أخذ يعدّ آلة التصوير فى الظلام ليأخذ صورة البرق عند حدوثه كان فى مجال عدسته خمسة مصابيح من مصابيح الشارع ، وأن هذه المصابيح قد رسم كل منها فى اللوحة صورة تمثل حركة الآلة الفوتوغرافية إما أثناء تهيئة تلك الآلة مع ترك عدستها مكشوفة أو بسبب حدوث حركة غير مقصودة بعد ذلك حين كانت العدسة مفتوحة للتصوير .



اختبار النظرية

الصورة المثبتة بأعلى هذه الصفحة وردت الىّ باعتبار أنها صورة وميض من البرق . والذى أشكل على من أرسلها الىّ أنه لم يستطع تعليل كون الوميض قد تكرر خمس مرات فى اللوحة الفوتوغرافية . فلما أفتى راسمها بأن الصورة ليست لوميض برق ، بل المرجح أنها لضوء خمسة من مصابيح الشوارع لم يقبل هذه النظرية ، لأنه كان واثقا أنه رسم وميض برق . على أنه وافق على أن يختبر الموضوع فيهيء خزانته التصويرية فى الظلام والنافذة مفتوحة ، كما كانت فى المرة الأولى ، بحيث يكون فى الشارع فيما وراءها مصباح عادى على مسافة ما . فحصل عند ذلك على الصورة الفوتوغرافية الثانية . فثبت اذ ذاك أن النظرية التى أفتى بها كانت صحيحة . وأن الرقش الكتابى الذى ظهر على اللوحة ناشئ عن تحرك الخزانة الفوتوغرافية أثناء تهيئتها .

ولكن مراسلى لم يزل يعرض حججا ينقض بها هذه النظرية ، فقد أكد أنه لم يكن فى مجال عدسته من مصابيح الطرق شىء لأن الصورة انمـا أخذت من نافذة فنـدق على شاطئ البحر فى مارجيت (Margate) . على أنه تفضل فكتب الى صاحب الفندق يسأله عما اذا كان فى الامكان أن يرى أى ضوء من أضواء الطريق من تلك النافذة بعينها ، ولمـا جاء الرد بما يفيد أن الواقف فى النافذة يستطيع أن يرى سـتة مصابيح فى الشارع أصر المراسـل ولم يقبل وجهة نظرى . ولقد دعانى القول بأن هنالك ستة مصابيح الى اعادة فحص الصورة الفوتوغرافية بتدقيق أشد من الأول ، فوجدت عليها اذ ذاك صورة ضئيلة أحدثها المصباح السادس . وترى هـذه الصورة الضئيلة بين الصورتين الرابعة والخـامسة على يسار الرسم . ولكن مراسلى ظل يعتقد أن الصورة انما أحدثها وميض البرق الذى شاهده فاقترحت عليه أن يختبر نظرية مصابيح الشوارع ، وذلك بأن يهيئ آلة التصوير وهى مفتوحة العدسـة من نافذة يرى منها مصباح طريق على مسافة ما ليرى ان كان ذلك لا يحدث صورة مشابهة لذلك الضوء فقام بهذه التجربة وأرسل إلىّ الصورة الفوتوغرافية السفلى التى تجدها فى الرسم . وقد ذكر لى أنه اقتنع اذ ذاك بأن نظرية مصابيح الشوارع صحيحة .

انـا قد نستطيع أن نستدل من النظرية على وجوب حدوث أشياء معينة أو وجوب وجودها اذا كانت النظرية صحيحة ، ومن ثم نجرى تجاربنا . وقد أجمل لورد فرانسيس باكون Francis-Bacon هذا الموضوع منذ ثلثمائة عام فى الجملة الآتية فى كتابه الموسوم (تقدّم العرفان) Advancement of Learning اذ قال : كل فلسفة طبيعية صادقة لها مقياس أو سلم مزدوج صاعد ونازل

فالصاعد يبدأ بالتجربة وينتهى عند استنباط العلل والنازل يبدأ من العلل وينتهى عند ابتداع تجارب جديدة .

وقوانين الطبيعة هى نظريات يلوح لنا أنها تفسر كل الوقائع المشاهدة المتصلة بها ، على أنه يجب علينا أن نتذكر أن ما يسمى قوانين الطبيعة انما هو من صنع الانسان نفسه ، وأن الأشياء لا تحدث بسبب هذه القوانين .

الباب الثانى

ممّ تتكوّن الأشياء ؟

اضافة الأشياء بعضها الى بعض — مكوّنات الدنيا — سببان لندرة المواد — الاتحاد الكيميائى — المشاركات الغريبة — ما لا يرى من جسيمات المادة — الذرات — الجزيئات — الميل الكيميائى — الجذب الكهربائى — نوعان مختلفان من الكهربائية — منشأ الاصطلاحين : الموجب والسالب — قوام المادة — قياس تمثيلى — التماسك — درجة الحرارة — الصلب والسائل والغازى .

لا يقنع العقل الباحث بأن يعلم أن بعض الأشياء مصنوع من مادة يقال لها الزجاج وغيرها مصنوع من مادة يقال لها الطين . بل يريد أن يعرف ممّ تتكوّن هاتان المادتان نفساهما .

لقد اعتدنا قبل مغادرتنا المدرسة تمام الاعتياد القول بأن أغلب الأشياء انما يصنع باضافة غيرها من الأشياء بعضها الى بعض . وكان يلذنا أن نعرف أن نوعا من الزجاج يصنع باغلاء الرمل والصودا والجير على نحو ما تصنع حلوى "المضاغة" بطبخ السكر والزبد وغيرهما معا(Toffee) . وقد كان يسرنا فى أيام طفولتنا أن نعرف أن الورق ممكن صنعه من الخرق القديمة أيا كان نوعها . ثم أخذنا نتبين بعد ذلك مباشرة أن الانسان لا يستطيع الا أن يضيف الأشياء بعضها الى بعض أو يطرح بعض الأشياء من أشياء أخرى مركبة وأنه ليس فى الدنيا الا مقدار معين محدود من المادة وأن هذا المقدار موجود منذ "خلق الله السموات والأرض" ثم أخذنا نتبين من هذا أن كل ما نراه اليوم على الأرض وجد على صورة ما منذ الأزل واقتنعنا حقا كما اقتنع سليمان من قبل بأن "لا جديد تحت الشمس" .

ولم يذهب بنا البحث بعيدا حتى علمنا أن كل المواد المركبة ليست الا اتحادات مختلفة لعدد معين من مواد بسيطة ، أى أولية. فبينا نجد لدينا مائتى ألف أو ثلثمائة ألف من المواد المركبة المختلفة اذا بنا نجدها تتألف جميعها من اثنين أو أكثر من العناصر البسيطة أو المواد الأساسية المحدودة العدد .

وانا لنعرف الآن حوالى ثمانين من هذه المواد الأولية، وما يعرفه القارئ العادى منها قليل اذا قيس بمجموعها ، واذا تأمل الانسان فى البيان الوافى لهذه العناصر كما ترى فى الملحق رقم ١ فى صفحة ٢٨٩ يجد أن أكثر الناس لا يمكنهم أن يعرفوا نصف أسمائها .

هناك عدد معين من المواد الأولية معروف لنا تماما ولا سيما الفلزات Metals الآتية : وقد وضعتها بترتيب قيمتها التجارية النقدية : البلاتين Platinum ، الذهب ، الفضة ، النيكل Nickel ، الزئبق ، الالومنيوم Aluminium ، القصدير Tin ، النحاس ، الخارصين Zink ، الرصاص ، الحديد . وكذلك نحن جميعا نستشعر بعض المعرفة بغازات : الأوكسيچين Oxygen والايدروچين Hydrogen والنتروچين Nitrogen والكلور Chlorine فاذا تركنا الفلزات والغازات جانبا عرض لنا اسم الكربون ، تلك المادة التى نعرف أنها تشغل مكانا خطيرا فى الكون ، بل فى أجسامنا . فان أهم ما يدخل فى تكويننا الكربون والايدروچين والأوكسيچين والنتروچين .

واذا عدنا الى بيان المواد التى تدخل فى تكوين الوجود وجدنا عددا من العناصر الأخرى لنا بها بعض المعرفة كالفوسفور (Phosphorus) والكبريت Sulphur والبوتاسيوم Potassium والصوديوم Sodium والزرنيخ Arsenic والأنتيمون Antimony

والبروم Bromine والكلسيوم Calcium والكوبالت Cobalt واليود Iodine والمغنيزيوم Magnesium والسلينيوم Selenium والسليكون Silicon والأورانيوم Uranium ؛ والى هذه يجب أن نضيف عنصر الراديوم Radium الذى بق فى الطبيعة كنزا مدفونا حتى سنة ١٨٩٨ وثبت أن استكشافه كان ذا أهمية بالغة للعلوم كما سترى فيما بعد .

لقد ذكرت حتى الآن واحدا وثلاثين فقط من هذه المواد الأولية المعروفة وأشك فى معرفة القارئ العادى لأى العناصر الأخرى التى تكون منها العالم . واليك ستة من أغربها تسمية : الاتريوم Yttrium والزينون Xenon والفاناديوم Vanadium والبراسيوديميوم Praseodymium والكريبتون Krypton والجادولينيوم Gadolinium . ولا يظهر كثير من العناصر فى قوائم المواد الكيمياوية التى تعرض للبيع مطلقا ، وبعضها لم يمكن الحصول عليه الا بجهد كبير وعناية بالغة فى المعامل العلمية . على أنه يجب أن نتذكر أن المادة قد تساوى أكثر من وزنها ذهبا لسببين مختلفين تمام الاختلاف ، فقد لا يوجد العنصر فى العالم الا بمقادير صغيرة جدا أو أن تكون الطبيعة قد خبأته فى مادة مركبة تخبئة تتطلب منا بذل مقدار عظيم من الطاقة لاستخلاصه ، فمثلا قد نشترى كيس الجير بقليل من الشلنات ، ونحن نعلم أن أكثر من نصف ما يتركب منه الجير مكون من مادة أولية تسمى الكلسيوم ؛ فاذا فرضنا أنك قلت للبائع انك تفضل ألا تأخذ الا الكلسيوم الذى فى كيس الجير وحده ، ومع أنك تعلم أن ثلاثة أرباع ما يحتويه الكيس هو من الكالسيوم فإنه يرضيك أن تأخذ ملء نصف الكيس من هذه المادة وحدها ، فاذا كان البائع على استعداد للقيام بطلبتك فلا بد أن تعتريك الدهشة عند تقديم الحساب ،

اذ لعلك كنت على استعداد لدفع ثمن الكيس بأجمعه أو أن يجعل لك البائع خصما مقابل أنك لم تطلب الا جزءا من محتويات الكيس فقط، فاذا فرضنا أن الواقع انك لم تكن على علم سابق بقيمة مادة الكاسيوم فلا بد أن يذهب بك الظن الى أن هناك خطأ ما فى الحساب ، لأن قيمته اذ ذاك لن تكون أقل من خمسين جنيها ، بدلا من تلك الشلنات التى كنت ترتقب أن تدفعها. و إنه لمن المدهش لأول وهلة أن عنصرا من عناصر مادة شائعة يكون له مثل هذا الثمن الغالى مع وفرة تلك المادة فى الوجود. ان قيمة الكلسيوم العالية نسبيا ترجع الى نفقة استخلاصه عن مركباته، ولقد كان ثمن "فلز" الكلسيوم منذ بضع سنين أعلى من هذا علوا كبيرا، لأن وسائل استخراجه كانت يومئذ أكثر نفقة . واذا عدنا مرة أخرى للتفكير فى قائمة المواد الأساسية فقد يظن الانسان أنه اذا عرف الخواص الذاتية لكل عنصر منها فانه يستطيع أن يعين خواص كل المركبات المتألفة من هذه العناصر . ولكن هيهات ، اذ الواقع أن هذه العناصر حين يشترك بعضها مع بعض تفقد ذاتيتها فقدانا تاما، فقد يلوح من الطبيعى أن نظن أننا اذا أضفنا غازا إلى غاز فانما نحدث غازا مركبا. نعم اننا نستطيع بسهولة أن نكون خليطا من الغازات ولكن هذا يكون أشبه بخلط الرمل والسكر معا، اذ يحتفظ كل منهما بذاتيته الخاصة، وهذا أمر يختلف كل الاختلاف عن الاتحاد الكيمياوى Chemical Combination .

لما تلقنا فى المدرسة أن الماء العادى ليس الا اتحادا كيمياويا بين غازين هما الايدروچين والأوكسيچين استعصى علينا ادراك هذه الحقيقة ، فقد كان الأمر حقا غير ما كنا نتوقع . فهل نعد من الأمور النظرية أن الماء مركب فعلا من غازين ولا شىء سواهما أم أنه يمكننا اثبات ذلك .

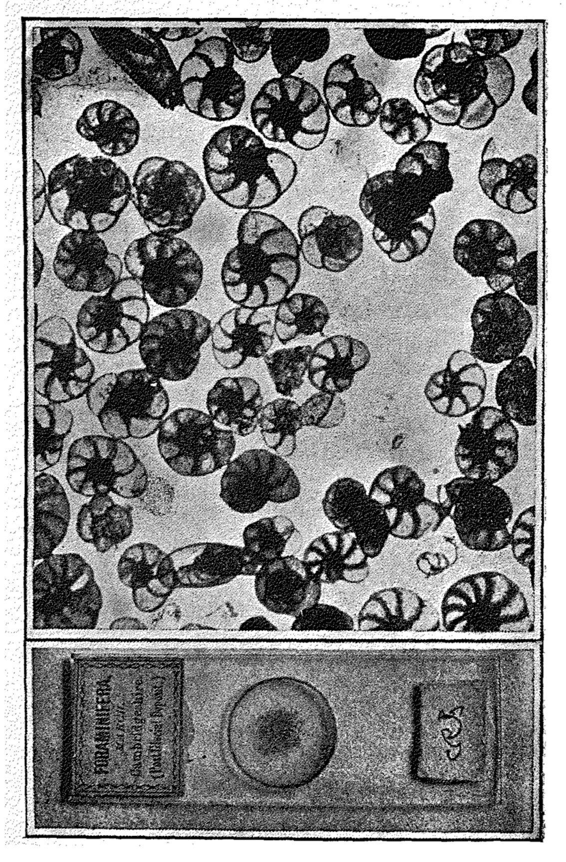
إن من السهل اثبات ذلك عمليا لأننا اذا أمررنا تيارا كهربائيا فى وعاء به ماء فان المــاء يختفى بالتــدريج ، واذا اتخذنا وسـائل لجمع الغازات الصاعدة من المــاء لا نجد الا الإيدروچينا وأوكسيچينا .

وسيلاحظ القارئ أن هاتين المادتين تفقدان خواصهما الذاتية فقدانا تاما عند ما تشترك احداهما مع الأخرى ، فالمعلوم لنــا أن الايدروچين غاز شــديد الاشتعال ومع ذلك لا يوجد عاقل يحاول إشعال الماء . إن الكثيرين منا يذكرون ما أجروه على غاز الأوكسيچين من التجارب الجميلة أيام مراهقتهم ، فكان احراق مختلف الأشياء فى زجاجة مملوءة بالأوكسيچين يدخل سرورا كثيرا فى نفوسنا . بل لقد أمكننا أن نحــرق قطعا من نابض الساعة الفولاذى ومسامير الحديد وغيرها مما كان يخيل الينا أن من المحال احتراقه ، وبهذه الوسيلة وقر فى نفوسنا من بعدها أن الأوكسيچين مساعد عظيم على الاحتراق . على أنه من الواضح أن الأوكسيچين عنــد ما يتحد مع الأيدروچين ليكوّن ماء يفقد هــذه الخــاصية الممتازة فقدانا تاما ، وأن أبسط الناس عقلا لتشتد دهشته لو رأى ذبال الشمعة الداكن المحمر من الحرارة يشتعل لهبا اذا هو وضع تحت الماء ، ومثل هذه المستحيلات انمــا ترى فى الحفلات التى تعرض فيها ألاعيب الشعوذة .

نعود فنسأل : ما الذى يحدث بالفعل عند ما يشترك الأوكسيچين والايدروچين و يصبحان ماء ؟ والجواب عن ذلك اننا لا نستطيع أن نرى مباشرة ما يجرى ولكننا نستطيع أن نكوّن عما يحدث صورة عقلية واضحة تمــاما . فى هذه الصورة نرى المــادة كلها مركبة من جسيمات صغيرة جدا ، وهــذه الجسيمات من الصغر بحيث أنهــا أبعد من مدى أقوى المجاهر . واذا قلنا إن هــذه الجسيمات قد قدّر قطر الواحد منها بجزء من خمسين مليونا من البوصة كان القول

قليل الفائدة الا لمقارنة حجمها النسبي بغيره من الأشياء غير المنظورة. على أننا قد ندرك فرط صغر هذه الجسيمات الأساسية بطريقة أخرى.

مما يلذ المبتدئ دائما عند ما ينظر خلال المجهر أن يرى أيضا الحجم الحقيقي للشيء بالعين المجردة، يرى أن ما يبدو كأنه مجرد ذرة من الغبار، يكون له شكل صدفة جميلة (أنظر الشكل المقابل لهذه الصفحة). ومن جهة أخرى اذا امتحن المبتدئ ميكروبا بمجهر قوى خبّر أن الشيء الذى كان ينظر اليه يستعصى على العين المجردة تبيّنه، فهو من الصغر بحيث لا يمكن أن يرى حتى ولا كهباءة (أنظر الرسم المقابل لصفحة ٢٢). والواقع أن هذه الميكروبات دقيقة الجرم جدا، ومع ذلك فهى مردة هائلة اذا قيست الى الجسيمات التى تتكوّن منها المادة، ولا عجب فان كلا من هذه الميكروبات نفسها يحتوى على آلاف الملايين من الجسيمات الدقيقة. ولا داعى للاسترسال اذ لا رجاء لنا فى أن نكون صورة عقلية وافية لحجم هذا الآجر الدقيق الذى تستمد منه الطبيعة فى بناء الأجسام، بل يكفى أن نتصوّر أن المادة جميعها متكوّنة من جسيمات مفرطة فى الدقة نسميها ذرات "atoms". وتوجد أنواع مختلفة من الذرات بقدر ما يوجد من المواد الأوّلية المختلفة، فهناك ذرة الحديد، وذرة الذهب وذرة الايدروچين وذرة الأوكسيچين وذرة الكربون وهلم جرا. وقد بلغ ما عرف من أنواع هذه الذرات نحو الثمانين ولا يصح القول بأن للماء ذرة، لأن أصغر جزء من الماء يمكن وجوده على صورة ماء مركب من ذرتين من الايدروچين متحدتين مع ذرة من الأوكسيچين. ويطلق على هذه المجموعة الصغيرة من الذرات المتحدة اسم جزىء الماء "Molecule". وواضح أن هذا الجزىء هو أصغر جسيم من الماء يمكن وجوده، لأننا اذا جزأناه لا يظل ماء بل يصبح ايدروچينا وأوكسيچينا.



نكت مكبرة من المادة

الصورة السفلى تبين رقيقة مجهرية مرسومة بحجمها العادى ، وترى فى وسط الرقيقة نكت صغيرة تلوح كحبيبات الرمل الناعم . أما الصورة العليا فتبين بعض هذه الحبيبات مكبرة تكبيرا عظيما .

والجزىء عبارة عن مجموعة ذرات ولكن قد تكون الذرات كلها من نوع واحد، فنقول مثلا ان للايدروچين جزيئا، ولكنه لا يكوّن سوى من ذرتين أو أكثر من الايدروجين يرتبط بعضها ببعض . وجزيئات بعض المواد المركبة متألفة من عدد كبير من ذرات مختلفة. مثال ذلك : أن الجزىء الواحد من المركب المعروف بالشبّة (Alum) يشتمل على الأقل على مائة ذرة ، فى حين أن عدد الذرات فى كل جزىء من جزيئات بعض المركبات الأخرى يقرب من الألف .

اذا تصوّرنا الذرات الأوّلية تتجمع فى فرق صغيرة تسمى جزيئات وتصوّرنا الذرات ممسكا بعضها ببعض فاننا نجد أن الذرات المختلفة تماسك بقوى مختلفة . فاننا مثلا اذا ركبنا الأوكسيچين مع الايدروچين نجد أن كل ذرة أوكسيچين قادرة على أن تضم اليها ذرتين من الايدروچين ، وعليه فاننا حين نحلل الماء الى الغازات التى يتكوّن منها بواسطة تيار كهربائى نجد أننا نحصل من الايدروچين على ضعفى حجم الأوكسيچين . ولذلك فان صيغة عقد الشركة التى تسمى "الماء" تنص على أن هيئة اتحادها تتألف من عضوين من فريق الايدروچين وواحد فقط من فريق الأوكسيچين.

وفى ملح الطعام العادى يوجد نوع بسيط من الشركة : ذرة من الصوديوم متحدة مع ذرة واحدة من الكلور. ثم ان ذرة واحدة من الذهب تستطيع أن تجذب اليها ثلاث ذرات من الكلور وتكوّن بذلك كلورور الذهب الذى يستعمل فى تحسين الصور الفوتوغرافية. ومن أنواع الذرات ما يستطيع أن يمسك بأربع ذرات بل إن منها ما هو أقدر على الامساك بأكثر من ذلك .

وذرات بعض المواد كالنتروچين والكربون ذات قوى إمساك مختلفة ، فقد تمسك ذرة النتروچين بذرة واحدة وقد تمسك بثلاث،

وفى بعض الأحوال بخمس ذرات . وعلى كل حال فان كل ما ينبغى أن نلاحظه فى الوقت الحاضر هو أن الذرات الأولية المختلفة تتحد بعضها مع بعض بعدّة طرق مختلفة ، وبذا تؤلف جزيئـات كل المواد المركبة .

ولقد اعتدنا فى المدرسة أن نلقن أن الذرات تتحد بواسطة قوّة تسمى الميل الكيميائى (Chemical Affinity) ولكن لم يكشف لنا عن طبيعة هـذه القوّة الخفية ، ولم يتح لنا أن ندرك أن الميل الكيميائى ليس الا تجاذبا كهربائيا بين الذرات المختلفة الا منذ عهد قريب نسـبيا ، وليس منا من لا يعرف ظاهرة التجاذب الكهربائى (Electrical Attraction) . نعم قد لا نكون شاهدناها الا فى صورة قضيب مكهرب يجذب اليه كرات نخاع البيلسان (Pith-balls) أو الريش . بيد اننا نستطيع أن نثبت لأنفسنا بالدليل المقنع أن من الممكن مشاهدة تلك الظاهرة باستعمال المواد العادية التى بين أيدينا . فاننا اذا أخذنا أصيص زهر عادى من الزجاج وجففناه ودلكناه بسرعة بمنديل من الحرير فانه يستطيع أن يجذب اليه حزمة من الريش .

ولكنا نعلم أن جميع الأجسام التى تشحن بالكهربائية لا يجذب بعضها بعضا ، ففى أول العهد بعمل تجـارب على الكهربائية ، لوحظ أنه لمـا كهرب قضيب من الزجاج بدلكه بقطعة من نسيج الحرير لم يكن تكهربه من نوع التكهرب الذى يحـدث لقضيب من شمع الختم ، أى الراتنج ، بمثل تلك الطريقة . واذا كهرب جسم خفيف بواسطة قضيب الزجاج المكهرب وكهرب جسم خفيف آخر بواسطة قضيب الشمع المكهرب فان هذين الجسمين الخفيفين يتجاذبان . ولكن اذا كهرب هذان الجسمان من مصـدر واحد

فانهما يتنافران دائما . وشوهد أنه لما شحنت كرتان نخاعيتان بكهربائية من قضيب الزجاج فانهما تنافرتا ، ولو كهربتا بواسطة قضيب الشمع لحدث التنافر بينهما أيضا . ومن ذلك اتضح بجلاء أن الأجسام المكهربة تكهربا واحدا ، أو بعبارة أخرى ، الأجسام المشحونة بنوع واحد من الكهربائية ينفر بعضها عن بعض . (انظر الرسم المقابل لصفحة ٤٧) وقد كان جليا أيضا أن التكهرب المستمد من قضيب الزجاج لم يكن كالتكهرب المستمد من قضيب الشمع المذكور ، لأن الجسم المشحون من قضيب الزجاج لا ينفر عن جسم مشحون من قضيب الشمع بل ينجذب اليه .

وقد أطلق القائمون بالتجارب فى بادئ الأمر على الكهربائية الحادثة من قضبان الزجاج اسم الكهربائية الزجاجية ، (Vitreous) وعلى الحادثة من شمع الختم اسم الراتنجية (Resinous) . على أنه لما ارتأى بنيامين فرانكلين (Benjamin Franklin) أن الكهرباء سيال واحد خفى استنتج أن الجسم المكهرب بقضيب زجاج كانت فيه زيادة فى السيّال ، ولذلك قال إنه — أى الجسم — موجب التكهرب ، أى أنه مشحون بكهربائية موجبة . وزعم من الجهة الأخرى أن الجسم المكهرب بقضيب شمع الختم كان به نقص فى السيّال ، ولذلك قال عن الجسم انه كان سالب التكهرب و بعبارة أخرى قال : إن قضيب شمع الختم أنتج كهربائية سالبة .

و بعد حين أخذ الناس يرون أن من المضحك القول بأن الكهربائية سيّال ، بيد أنهم احتفظوا بكلمتى "موجب" و "سالب" للتسهيل . ونحن اليوم قد رجعنا الى أفكار لا تختلف عن نظرية السيّال الكهربائى التى قال بها فرانكلين ، ولكنا سنزيد إلماما

بهذا الموضوع عند ما نتناول الآراء الحديثة الخاصة بتكوّن الذرة. ولنقنع في الوقت الحاضر بتصور بعض ذرات الطبيعة مكهربة كهربة موجبة وغيرها مكهربة كهربة سالبة. ونحن نعلم أن الجسمين المتضاربين في التكهرب يتجاذبان : فذرة الايدروچين موجبة التكهرب ، وذرة الأوكسيچين سالبة التكهرب . وعليه فلا بد أن تتجاذب هاتان الذرتان وتتحدا اتحادا كهربائيا ؛ واذا شئنا قلنا إنهما متحدان كيمائيا . وعلينا أن نقنع بهذا القول العام حتى نصل الى درجة تسمح لنا أن نرى فيما بعد كيف تصير الذرات مشحونة بالكهربائية . وسنرى أيضا كيف أن ذرات النوع الواحد تصبح متحدة اتحادا كهربائيا .

لقد استطعنا حتى الآن أن نكوّن صورة عقلية نافعة عن تكوّن جزيئات المادة . نرى فيها الذرات الأولية بشحناتها الكهربائية متحدة معا ومكوّنة بهذا الجزيئات المتعادلة ، ومع ذلك فإن هذه الجزيئات أبعد عن مدى أقوى المجاهر . ولنعد الى التفكير في الميكروب الذى لا يرى ونحاول أن نتصور أنه متكوّن من ملايين فوق ملايين من جسيمات قائمة بذاتها أى جزيئات كل منها يشتمل على عدّة ذرات ، وعليه نتصور أن قطعة الحديد الصلب متكوّنة بأجمعها من ذرات غير منظورة من الحديد .

قد يبدو لبعض الناس غريبا تصوّر أن الكتلة الصلبة من المادة يمكن أن تكون بأجمعها متكوّنة من أشياء غير منظورة ، ولكن لا غرابة فى ذلك . تصوّر نفسك واقفا فى بقعة من الريف تمر فى وسطها طريق واسعة متربة تصعد بعد تعرجات عدّة على جانب تل بعيد سحيق ، وانك نظرا لعظم اتساع هذه الطريق البيضاء اللون يمكنك أن تتبع أثرها على جانب التل البعيد ، وتصوّر أيضا أنك ترى رجلا يسير فى هذه الطريق قاصدا التل البعيد ، إذ ذاك ، كلما أمعن السائر فى سيره

لاحظت أنه أخذ يبدو أصغر جسما، وعند ما يصل الى التل البعيد السحيق يختفى عن العين حتى لا يرى وكأنه نقطة فى الطريق البيضاء التى فرضنا أنها عظيمة الاتساع لتلائم الغرض الذى نرمى اليه. التل بعيد ممعن فى البعد جدا حتى لتعجز أن ترى الرجل بواسطة المرقب (التلسكوب)، واذا لم تستطع أن تدنو من الرجل فسيظل بحيث لا يدركه بصرك، ولكن اذا بدا جيش عظيم من ملايين من الرجال على ذلك التل السحيق فستلاحظ اذ ذاك بقعة مسودة. فى هذا المثال، الكتلة المنظورة من المادة الصلبة مكونة من جسيمات لا تراها البتة. واذا ما تناولنا قطعة من الحديد الصلب فظاهر جدا أن الجسيمات غير المنظورة المكونة لها لا بد أن تكون مرتبطة ارتباطا عظيما. وقد أطلقنا على هذه القوة التى تربط الجزيئات بعضها ببعض اسما نعتيا هو قوة التماسك (Cohesion). ومن السهل توضيح القوة البالغة التى تربط الجزيئات بعضها ببعض، فاننا اذا أخذنا قضيبا من الحديد، مثل القضيب الذى تصنع منه مسامير البرشام، قطاعه حوالى بوصة مربعة، وجدنا أننا اذا أردنا أن نفرق بين الجزيئات فى مكان من هذا القضيب نحتاج الى قوة شد تعادل خمسة وعشرين طنا. ومن الأسلاك الفولاذية ما يتحمل ضغطا على البوصة المربعة يبلغ مائة طن. واذا نجحنا فى نزع الجزيئات بعضها عن بعض فلا يجدى أن نضع القطع المبتورة معا على أمل أن تعود الجزيئات فيعلق بعضها ببعض ثانية. فظاهر من ذلك أنه يجب أن تكون الجزيئات متلاصقة تلاصقا شديدا جدا حتى يمكن أن يحدث الجذب بينها، ولذلك فإننا اذا أحمينا أطراف قضيب الحديد المقطوعة نعين الجزيئات على أن يدنو بعضها من بعض ثانية، ونجد عندما يبرد القضيب أن الجسيمات الصغيرة قد أمسك بعضها ببعض بشدة مرة أخرى.

ولتكوين فكرة واضحة عما يحدث فى هــذه الحالة يجدر بنا أن نكوّن صورة عن تكوّن المــادة الصلبة .

لا مشاحة فى أن الجزيئات ليست كآجر صلب صغير مرصوص بعضه الى جانب بعض . فسنرى فيما بعد أن لدينا برهانا تجريبيا قاطعا على أنه توجد فعلا مسافات بين الجزيئات . والواقع أنه يجب علينا أن نتصوّر أن كل أصناف المــادة ، حتى أصلب شىء يخطر بالبال ، فى الحقيقة مسامية ، فالفولاذ والصوّان والرخام والزجاج ، جميعها أشبه بالاسفنج ، وفضلا عن هذا فقد أدركنا من زمن بعيد أن هــذه الجسيمات الصغيرة غير المنظورة تستطيع أن ترتعش ، أى تهتز ، وأن هــذا الاهتزاز فى الجزيئــات هو ما يسمى فى العرف : حرارة أو درجة الحرارة Temperature وقد نجعل جزيئات الحديد فى حالة اهتزاز سريع جدا وذلك بطرقه بمطرقة بخارية ، فيصبح الحــديد اذ ذاك من شدة الحرارة بحيث لا يؤمن لمسه . واذا استمررنا على الدق فسرعان ما تبلغ حرارته درجة الاحمرار . ان لكل جسم مقدارا من الحرارة ، فاذا كان ما به قليلا جدا قيل إنه بارد وليس هذا الا على سبيل المقارنة . اذا كانت درجة الحرارة فى غرفة جلوسك ٧٥° على مقياس فهرنهيت أى ٢٤° مئوية فانك تقول انه حرّ لا يطاق ، ومع ذلك فانه اذا قدم اليــك الشاى فى هــذه الدرجة من الحرارة تقول إنه بارد لدرجة معيبة . والجسم البارد يمكن جعله أبرد ، فظاهر اذن أن به مقــدارا ما من الحرارة ، وعليه فان جزيئاته فى حالة ارتعاش أو اهتزاز . فيمكننا والحالة هذه أن نتصور أكثف الأجسام الصلبة متكوّنا من جسيمات منعزلة بعضها عن بعض فى حركة مستمرة ولكنها لا تتلاصق أبدا تلاصقا تاما .

والآن فلننظر فى حالة قضيب الحديد المقطع : نسخن الطرفين إما بالطرق أو بوضعهما فى ينبوع حرارى ، ففى النار تكون الجزيئات فى حالة اهتزاز سريع ، وهذه تبعث فى جزيئات الحديد مثل حالتها. واذا سلطنا على الحديد حرارة شديدة جدا فاننا بذلك نجعل جزيئاته تتباعد بحيث لا يتيسر لها أن تتجاذب بنفس القوة السابقة ، فيرتخى ما يربطها من وثاق شديد ويصبح الجسم الصلب كتلة سائلة . واذا استمررنا فى تسليط حرارة شديدة على هذا الجسم فان الجزيئات تفقد قوة تماسكها بعضها ببعض بتاتا ويصبح الجسم السائل بخارا أى غازا ، ولكن لا بد قبل أن تخلص جزيئات الحديد المطاوع من رابطة الصلابة من أن ترفع حرارتها الى درجة تعادل ٣٠٠٠° فهرنهيت أى حوالى ١٧٠٠ مئوية ، ولا بد قبل أن تتحرر هذه الجسيمات الصغيرة من قبضة السيولة أن تستمر الحرارة فى الارتفاع الى درجة ٦٠٠٠ فهرنهيت أى حوالى ٣٣٠٠ مئوية ، وبمجرد رفع تلك القوة العاملة على تفريق الجزيئات بعضها عن بعض ، أى الحرارة ، تعود الجزيئات الى التقابض بعضها ببعض وترتد من الغازية الى السيولة ، ثم الى الصلابة اذا كانت هذه هى حالتها الطبيعية وهى على درجة الحرارة العادية .

ولننظر نظرة أخرى الى الصورة التى رسمناها عن تركيب المادة : نرى أن جميع الأجسام مسامية ، وان جميعها متكون من جزيئات مهتزة ليست متلاصقة تلاصقا فعليا حتى فى الأجسام الصلبة ، ونجد أن قوة التجاذب الناشئة من التماسك تكون والجزيئات أقرب ، بعضها الى بعض ، كما فى الجسم الصلب ، أشد منها وهى أكثر ابتعادا بعضها عن بعض ، كما فى السائل .

فى الجسم الصلب نتخيل الجزيئات تهتز فقط من جانب لآخر مثل البنادل الصغيرة ، أما فى السائل فيخيل الينا أن الجزيئات علاوة

على ما لها من تلك الحركة الاهتزازية فانها حرة بدرجة ما فى التنقل هنا وهناك والانزلاق بعضها فوق بعض. اذا مزجنا اللبن والشاى معا فان جزيئات أحد السائلين تتخلل جزيئات السائل الآخر بسرعة، ويمكن أن يوضح بتجربة بسيطة أن جزيئات السائل تستطيع التنقل من تلقاء نفسها، فاذا كان لدينا وعاء زجاجى مملوء بعضه بمحلول كبريتات النحاس، المعروف بالزاج الأزرق وصببنا برفق مقدارا من الماء فى الوعاء على سطح هذا السائل الأزرق، فاننا نرى فى مبدأ الأمر أن السائلين منفصلان انفصالا تاما ثم لا نلبث أن نرى جزيئات كبريتات النحاس آخذة فى الصعود بالتدرج، ضد قوة الجاذبية، واذا تركت مدة كبيرة فاننا نلاحظ من اللون الحادث أن جزيئات الكبريتات المذكورة قد تخللت الماء بأجمعه. ظاهرة الانتشار هذه (Diffusion) تكون أشد وضوحا عند ما تكون الجزيئات قد تجاوزت المسافة اللازمة لتجاذبها تماما، كما هو الحال فى الغاز، فانه مهما صغر مقدار ما يطلق من الغاز فى وعاء زجاجى مثلا، فان الجزيئات الغازية تنتشر على عجل وتملأ جميع الفراغ الموجود، واذا ترك محبس أنابيب الغاز مفتوحا وسمح للغاز بأن يتسرب فى الغرفة فسرعان ما نشعر بوجود هذه الجزيئات وإن كنا على مسافة ما من صنبور الغاز، اذ الجزيئات لا تستغرق وقتا طويلا فى التسرب بين جزيئات الهواء، ولذلك تدخل الخياشيم معه وتوقظ أعصاب الشم، وهذه بتأثيرها فى المخ تحدث احساس الشم.

الى هنا تناولنا ثلاث حالات مختلفة للمادة: الصلابة، والسيولة، والغازية. وسنتناول بالبحث فى الباب الثانى ما سماه البعض: الحالة الرابعة للمادة.

الباب الثالث

المادة التى تتكوّن منها الذرات

فكرة الذرات قديمة جدا — هل عندنا بينات على أن هناك جسيمات أصغر من الذرات ؟ — وزن الأشياء غير المنظورة — كيف أمكن استكشاف هذه الجسيمات الصغرى — بعض تجارب كهربائية ممتعة — فرض وجود حالة رابعة للمادة — (الكهرب) الاليكترون — ما ذا استكشفنا من أمر الاليكترون — انها تمر فى فلز صلب — العلاقة البسيطة بين الطاقة والسرعة والكتلة — ماهية الكهربات — حجم (الكهرب) الاليكترون .

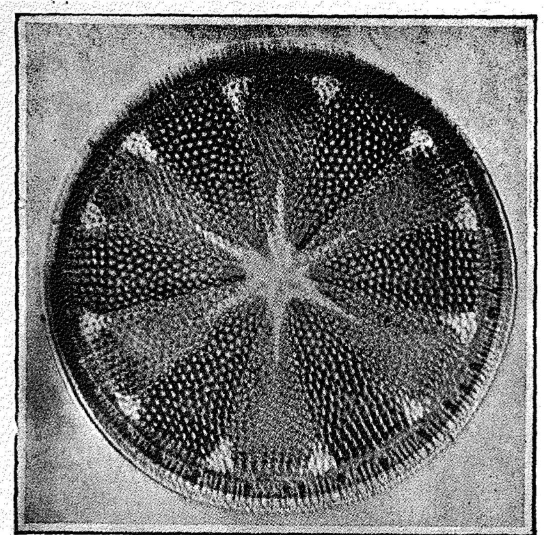
رأينا حين بدأنا كتلة من المادة الصلبة مكوّنة من جسيمات منعزلة بعضها عن بعض تسمى الجزيئات ، وأن هذه الجزيئات غير المنظورة مؤلفة من ذرات أوّلية أصغر منها قد اتحدت بعضها ببعض اتحادا كهربائيا فكوّنت الجزئيات . وسؤالنا التالى هو : ممّ تتألف الذرات ؟

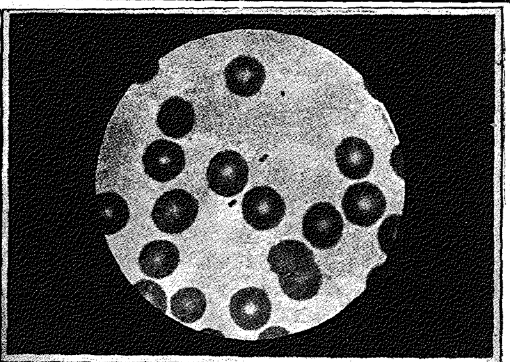
قد يقول انسان اذا هو لم يعط الموضوع حقه من التفكير ، إنها متألفة من الذهب أو الحديد أو الإيدروچين وهلم جرا، ذاكرا كل المواد الأوّلية المعروفة فى عالم الكيمياء ، ولكن هذا لا يفيدنا شيئا عن طبيعة الذرات، فما هذه الا أسماء سمينا بها بعض أشكال المادة التى نجد أننا لا نستطيع تحليلها الى أى مواد أخرى بالطريقة التى نحلل بها المركبات العديدة المعروفة . اننا نسمى الفلز الأصفر الزاهى الذى تشتد الرغبة فى طلبه، بالذهب ولكن الاسم المطلق على هذه الكتلة من المادة ، أى هذا المجموع من الذرات ، لا يدلنا على تشريح ذراتها .

ولقد عرفنا أن الذهب الصلب مسامىّ ، وهذه حقيقة يمكن اثباتها بوضع قطعة من الذهب فى حمام زئبق . هنا نجد جسيمات الزئبق تتدخل ما بين جسيمات الذهب . وبذلك يزيد ثقل الذهب زيادة محسوسة ، ومع ذلك لا يزيد حجمه . وعرفنا أيضا أن درجة حرارة الذهب تتوقف على مقدار السرعة التى تهتز بها جزيئاته ، وزيادة على ذلك فان كلا من هذه الجزيئات المهتزة مركب من عدّة جسيمات أصغر حجما ، تسمى الذرات ، والآن نريد أن نعرف ممّ تتكوّن هذه الذرات ؟

لم نستطع أن نكوّن رأيا وجيها عن تركيب الذرة الا منذ عهد قريب ، اذ أن اعتبار المادة بأجمعها متألفة من ذرات فكرة قديمة جدا ، وزيادة فى الدقة نقول : ان تلك الفكرة كانت معروفة منذ ألفى سنة على أقل تقدير ، ولكن رجال المدرسة القديمة ، أى القائلين بهذا القول كانوا يعتقدون أن هذه الذرات "صلبة وخالدة" وأنها "أصغر الأجسام الموجودة فى الطبيعة" أما اليوم وقد تقدّمت العلوم فاننا نعرف أن الذرات ليست أصغر الأجسام ، وعندنا من البينات ما يثبت أنها ليست صلبة ولا خالدة وصرنا أقدر على ادراك معنى ما يرد فى الكتب المقدّسة من أن مصير السموات والأرض الى زوال .

ولكن هل القول بأن الذرات ليست أصغر الجسيمات الموجودة فى الطبيعة ليس الا مجرد تخمين منا ؟ كلا ، ان هذه الفكرة لا تقوم على النظريات البحتة بل على حقائق مشاهدة ، اذ نستطيع أن نثبت بالتجربة المباشرة أن هناك جسيمات أصغر من الذرات . وقد يلوح للقارئ أن من المضحك أن يقال اننا نستطيع أن نثبت على وجه التحديد وجود مثل هذه الجسيمات الصغيرة جدا ، فى حين أن





أشياء غير منظورة : يكاد الدياتوم فى الصورة العليا (أ) يكون غير منظور، بل يستحيل رؤيته على الأطباق فى وقت تناول طعام الافطار، ولن يصيب الانسان شىء من أن يستقر فى الجوف. ومع ذلك فان الميكروسكوب تبدى الشىء الكثير من التفاصيل التى يشتمل عليها مثل هذا الشىء الصغير وترى فى الصورة السفلى (ب) بعض كرى دموية أما النكت التى بالقرب من الوسط فهى بكتيريا. وجميع هذه الأشياء تستعصى رؤيتها على العين المجردة.

الجزيئات والذرات التي تعد مردة بالقياس اليها بعيدة عن منال أقوى المجاهر بعدا موئسا ، ولن تقل دهشته حين يعلم أننا نستطيع أن نقيس ونزن هذه الجسيمات التي تتجاوز مدى المجهر ، كما نقيس ونزن دنيانا وسياراتها المجاورة .

وربما كان في ايراد تشبيه تقريبي بعض الفائدة في مبدأ الأمر . اننا لا نستطيع أن نرى رصاصة البندقية وهي مارقة في الهواء . ولكنا اذا وضعنا في سبيلها عائقا ندرك وجودها على الفور . ويمكننا أن نعين مقدار سرعة الرصاصة دون أن نراها بتاتا . وقد أمكن قياس سرعة المقذوفات بوساطة آلة تسمى الكرونوجراف أي راسم الوقت (Chronograph) وكثيرا ما يستعمل هذا الجهاز في المراصد لتدوين اللحظة الحقيقية التي تحدث فيها أي ظاهرة مشاهدة ، وذلك أنه في اللحظة التي يرى فيها الراصد نجما يمر على خط دقيق في عينية المرقب يضغط بيده على زر كهربائي ويقوم الكرونوغراف الذي وضعه على مسافة معينة بتدوين الوقت الحقيقي الذي حدث فيه التماس . وقد لا يخلو من اللذة أن نعرف بهذه المناسبة أن الجهاز يتركب من أسطوانة كبيرة تدار بسرعة معيّنة ، بما يشبه جهاز الساعة ، ويمر قلم ببطء على طول الاسطوانة مثل ما تمر ابرة البوق فوق اسطوانة الحاكي (الفونوغراف) وفي آخر كل ثانية يلمس القلم ورقة ملفوفة على الأسطوانة ويخط نقطة ، وبذا تقسم الورقة الى ثوان ، كما أن القلم يكون من جهة أخرى تحت تصرف الراصد وهو على بعد منه ، فانه عند ما يضغط على الزر يخط القلم نقطة أخرى . ولا يدل الموقع الحقيقي للنقطة على الثانية المعينة من الزمن وحدها ، بل على جزء من ألف جزء من الثانية ، الذي رسمت خلاله النقطة . ولتدوين سرعة مقذوف منطلق يقام حائلان على بعد بينهما وعند ما تمر الرصاصة المنطلقة بهذين تحدث تماسا كهربائيا عند

كل حائل وتدفع الكرونوغراف الى تدوين الوقت الحقيقي الذى مرت فيه بكل من هاتين النقطتين ، وبهذه الطريقة تحسب سرعة مرور الرصاصة . ولا يحسبن أحد أننا سنعمد بعد هذا الى تناول الجسيمات التى تتكوّن منها الذرات بمثل الطريقة عينها . بل إنا انما سقنا هذا التشبيه التقريبي لنرى كيف يمكن الحصول على معلومات صحيحة عن شيء غير منظور .

نريد أولا أن نعلم كيف أمكن استكشاف هذه الجسيمات غير المنظورة، التى تتألف منها الذرة؟ان حكايتها لعجيبة : فقد عرف من زمن بعيد أن الشرارة الكهربائية تمر فى وعاء أو أنبوبة خلخل هواؤها(Rarefied)، بسهولة أكثر من مرورها فى الهواء الأكثف الذى يكون ضغطه اعتياديا . ومن أسهل الطرق لبيان ذلك عمليا أن نوصل "بيضة كهربائية" بمفرغة هواء (كما ترى فى الصورة المقابلة لصفحة ٥٩) وانما سمى ذلك الوعاء الزجاجى بيضة لأنه شبيه بها فى الشكل . وهى مجهزة بساقين من الشبه النحاس الأصفر أحدهما مثبت فى قاعدة البيضة ، أما الثانى فينزلق فى ممر فى أعلاها لا ينفذ منه الهواء ، والوعاء بأجمعه لا ينفذ اليه الهواء و به منفذ فى القاعدة يمكن وصله بمفرغة الهواء ، واذا ما وصلنا بالأسلاك بين ساقى الشبه وطرفى ملف استحداث(Induction Coil)متصل ببطارية أمكن إمرار شرارات كهربائية بين ساقى الشبه الموجودين داخل البيضة ، ثم نبعد بين الساقين تدريجا حتى يبطل ظهور الشرر بسبب وجود المسافة الهوائية المعترضة التى تقاوم التفريغ (Discharge) مقاومة عظيمة .

فاذا ما فرغنا قليلا من الهواء نرى أن الشرر أخذ يعود الى الظهور فيدل بذلك على أن الهواء الأرق قواما أى الأكثر تخلخلا أجود توصيلا للكهربائية ، واذا استمررنا فى تفريغ الهواء نلاحظ أن الشرر يتحوّل الى تيار صامت أو خيط من الضوء . وكلما زاد الفراغ

أصبحت البيضة وضاءة بتوهج ، و بعـد ذلك بقليل ينقسم الضوء الى عدد من الأقراص أو الشرائح الأفقية الضيقة ، وهنا نجد أن الهواء قد أصبح من التخلخل بحيث يتخطى حدود خواص التوصيل الكهربائى الجيد، ونحتاج الى أن نستخدم مقدارا عظيما من الضغط الكهربائى لاحداث تفريغ كهربائى خلال هذا الفراغ الشديد.

وكلما زادت درجة التخلخل أخذنا نشاهد عددا من الظواهر الطبيعية الرائعة . ويجدر بهذه المناسبة أن نذكر أن المفرغة الهوائية الآليـة العادية كالموضحـة فى الصورة لا تستطيع أن تحدث فراغا عظيما يصلح للحصول على كل هذه الظواهر ، ولذلك يجب اتخاذ وسيلة أخرى كاستخدام مفرغة الهواء الزئبقية . وعلى كل حال فان ما نريد ملاحظته الآن هو أنه عند ما يبلغ التخلخل حدا معينا فان الوهج يختفى من داخل البيضة و يغشاها جميعها ظلام قاتم لولا أن جدران الوعاء الزجاجى تأخذ فى الاضاءة بتألق فوسفورى ضارب الى الخضرة عند ما يبلغ التخلخل تلك الدرجة العالية. و يختلف لون هذا التألق "الفسفورى التفسفر" باختلاف مواد الزجاج المكوّنة له . ولكن ما هذا الذى يدعو الزجاج الى التألق (التفسفر) ؟.

قد صوّر سير و يليم كروكس اللندنى (Sir William Crookes) الذى قام بكثير من الأعمال فى ارتياد هذا الفرع من العلوم — تيارا من الجسيمات المضيئة كأنها منطلقة، من الطرف الكاثودى "المهبط" (Cathode terminal) أى القطب السالب، كرصاص البنادق. وهـذه الرصاصات غير المنظورة تصدم جدران الزجاجة للأنبوبة وتحملها على التألق الفوسفورى . واذا لم يكن الهواء جميعه قد فرّغ تقريبا فان ما بقى من جزيئاته يتاقى صدمات ذلك الرصاص فينير ويحدث الوهج الذى ملأ البيضة الكهربائية فى مبدأ الأمر، والذى

يمكن أن يرى فى الفراغ العادى ، أى فى أنابيب جيسلر (Geissler tubes) .

وقد ارتأى كروكس اننا هنا أمام حالة رابعة للمادة ، وبعبارة أخرى ، أننا كنا الى الآن نعرف ثلاث حالات للمادة : الصلابة والسيولة والغازية ، ففى حالة الصلابة رأينا جزيئات المادة ممسكة بعضها ببعض إمساكا شديدا جدا ، وفى حالة السيولة رأينا أنها قد فقدت هذا الى درجة كبيرة وازداد بذلك ما بينها من المسافة وأصبحت حرة فى التجول فيما بينها ، وفى حالة الغازية رأينا الجزيئات أكثر افتراقا و جميعها فى تحرك يصطدم بعضها ببعض وتبدو فى الظاهر متنافرة ، وفى الحالة الرابعة المستكشفة حديثا يرى كروكس أن الجزيئات "فى حالة بعيدة عن حالة الغازية بقدر بعد الغازية عن السيولة".

وقد وصف كروكس هذه الحالة بأنها "مادة مشعة" والواقع أنه فرض جرىء ، ولكنا سنرى فيما بعد أن حدسه قد بدا صوابه . على أن هذا الرأى لم يقبل فى حينه . فقد كان الاعتقاد الشائع أن هذه الجسيمات الطائرة ليست إلا ذرات عادية من ذرات المادة ، أما اليوم فقد وزن علماء الفوسيقى[1] (Physicist) هذه الجسيمات الطائرة ووجدوا أنها أصغر جدا من أصغر ذرة معروفة ، وهى ذرة الايدروچين ، وفى الوقت الذى وصل فيه سير وليم كروكس الى استكشافه المذكور كانت هذه الجسيمات الطائرة تسمى (أشعة المهبط) (Cathode) لأنها كانت تنطلق من المهبط[2] و بعد ذلك أطلق الدكتور

(١) الفوسيقى كلمة استعملها العرب تعريبا لكلمة Phyisics كما استعملوا كلمة موسيقى لكلمة Music وقد رأينا استعمالها للتفريق فى التعبير بين معنى كلمة Nature و Phyisics (المعرب)

(٢) المهبط (الكاثود) هو الاسم الذى يطلق على القطب السالب أى القطب الذى يخرج منه التيار فى الأنبوبة (المؤلف) .

جونستون ستونى (Dr. Johnstone Stoney) اسم اليكترونات (Electrons)أى كهارب على هذه الجسيمات ، أما الأستاذ تومسون (J.J.Thomson) الكمبردجى ، وقد قام بالكثير من البحث فى تركيب الذرة فهو يفضل أن يسميها كريات ((Corpsucles)) . على أن كلمة " كهرب " قد تكون أبين وأوضح لدى جمهور القراء فلا يخلطون بينها و بين غيرها من الألفاظ المستعملة ، فهم لهذا السبب أقدر على التفريق بين موضوع الكهرب و بين غيره من موضوعات المادة العادية . على أن كلمة كرية (Corpuscle)قد جرى استعمالها للدلالة على خلية حيوانية دقيقة ، ومع أنه لا يمكن أن يحدث بسببها خلط بين الكريات الدموية و بين هذه الجسيمات الطائرة فى أنبوبة الفراغ ، فهى أكثر إشعارا بالمادة العادية من كلمة الكهرب "الاليكترون" ، ولذلك فاننى سأتمسك بكلمة الكهرب دائما .

واذا نظرنا الى أنبوبة فراغ قد خلخل هواؤها لدرجة عظيمة وكان يمر بها شرر كهربائى فاننا لا نرى تيار الكهارب الطائرة لأنها غير منظورة بتاتا وانما نرى الزجاج وحده يتألق تألقا فوسفوريا بتأثير صدمات تلك الرصاصات غير المنظورة ، واذا جعلنا المهبط السالب منبعجا على شكل الصحن فاننا نستطيع أن نركز شؤبوب الكهارب على بقعة واحدة على الزجاج ، واذا فعلنا ذلك وجدنا أن مسيرها يكون دائما فى خط مستقيم . وهنا تعرض حقيقة قد تبدو غريبة جدا ، وهى أنه عندما يدنى مغناطيس من أنبوبة الفراغ نرى أن تيار الكهارب قد انحرف عن سيره المستقيم إذ أنها تقع على الزجاج أسفل موقعها الأول ، وكلما زادت قوة المغناطيس زاد انحراف الكهارب . كل هذا يلوح غريبا لدى القارئ الذى يكون قد تعلم فى صغره أن المغناطيس المتخذ للعب انما يجذب قطع الحديد والفولاذ دون سواهما . وقد أصبح أكثرنا اليوم

يعلم أن التيار الكهربائى ينحرف بواسطة المغناطيس . والواقع أن هذه القوة هى التى تدير عجلات ترامنا الكهربائى وجميع الآلات التى تساق بالكهرباء . هـذا التيار الجارى من الكهارب فى أنبوبة الفراغ ينحرف كذلك بواسطة المغناطيس ، ومن ذلك يتضح أن الكهارب المتحركة تسلك مسلك التيار الكهربائى بالضبط .

وطبيعى أن نظن أن هـذه الكهارب الطائرة هى جسيمات مكهربة تكهربا سالبا لأنها تندفع أى تتنافر من المهبط ، أى القطب السالب ويمكن بيان هـذه الحقيقة عمليا بطرق عدة قد يكون من أبسطها مراقبة الاتجاه الذى تنحرف صوبه هذه الكهارب بتأثير مغناطيسى .

قد يشق على الانسان أن يعدّ كل ما يمر بمصرف انجلترا من الجنيهات . والواقع أن موظفيه لا يكلفون أنفسهم عناء عدّ كل ألف منها وانما يزنون مقدارا معلوما فيعرفون إذ ذاك كم لديهم من الجنيهات فى كفة الميزان . وعلى كل حال فان مهمة عدّ الجنيهات فعلا فى مصرف انجلترا لا تذكر بجانب القيام بعدّ ذرات الهباء غير المنظورة الموجودة فى غرفة ما . على أن أحد المجربين الحاذقين ، ألا وهو أيتكين (Aitken) من مولكرك باسكوتلاندا استنبط طريقة لعدّ ذرات الهباء السابح فى الهواء . وقد ضمنت الملحق رقم «٤» صفحة (٣٠٥) من هذا الكتاب وصفا لتجارب أيتكن المذكور ، إذ أن هذه تساعدنا على فهم مهمة أعظم خطرا من عد الهباء ألا وهى عدّ الكهارب ، وسنقبل فى الوقت الحاضر القول بأنه قد وجد من السهل عد الكهارب . أما أولئك الذين يرضون بتحمل مشقة تفاصيل الكيفية التى أمكن بها تحقيق هـذا الأمر الذى يلوح مستحيلا فان لهم فى الملحق المشار اليه بيانا عاما .

وسيتضح مما يلى أن امكان عدّ الكهارب من شأنه أن يساعدنا على اكتساب معلومات أخرى عن هـذه الجسيمات غير المنظورة. مثال ذلك : أنه من السهل أن نعين بالتجربة كمية التكهرب الذى يحمله مقدار من الكهارب . ولأننا نستطيع أن نعرف عدد الكهارب يمكننا بعملية قسمة بسيطة أن نعرف كمية الكهرباء التى يحملها كل كهرب . وإذ سبق لنا أن رأينا أن الكهرب مشحون شحنا سالبا فانه يمكننا أن نعرف فوق هذا ، كمية الكهربائية السالبة التى يحملها الكهرب .

ولا بد لنا أن نقنع هنا بالقول المجمل ونترك التفصيل حتى نتناوله فى الملحق .

وقد أجريت فى أول الأمر تجارب متقنة لتعيين سرعة الكهارب الطائرة فى أنبوبة فراغ فتبين أن تلك السرعة المختلفة كانت عظيمة جدا . ووجد بعد ذلك أنه بتعريض تيار الكهارب الى القوة المزيغة لمجال مغناطيسى معلوم ، وكذلك الى ما يحدثه تأثير مجال كهربائى من الانحراف فانه يمكن تعيين سرعة الجسيمات بطريقة أسهل . وقد اتفقت نتائج هذه التجارب هى والنتائج الحاصلة من الطرق الدقيقة فوجد أن سرعة هذه الكهارب الطائرة تختلف تحت تأثير بعض الظروف. فانه عند ما تقذف الكهارب من قطب الأنبوبة السالب بواسطة تفريغ كهربائى فمن النتائج الطبيعية لذلك أن تكون سرعتها متوقفة الى حدّ مّا على شدّة التفريغ الكهربائى . وكذلك من السهل أن نتبين أن السرعة تتوقف أيضا على درجة الفراغ الحادث فى الأنبوبة ، فان جزيئات الهواء الباقيــة فى الأنبوبة تعترض الجسيمات الطائرة وتعوقها . فاذا لم يكن التفريغ جيدا جدا أى لم يبلغ درجة عالية فان سرعة الكهارب قد تبلغ خمسة آلاف ميل فى الثانية . وهذه

سرعة هائلة اذا قيست بسرعة رصاصة البندقية التى لا تقطع سوى ثلث ميل فى الثانية . على أن خمسة آلاف ميل فى الثانيـة ليست بحـال ما أقصى سرعة للكهرب فانه اذا هيئ له طريق خال على صورة فراغ عالى الدرجة ، ودفع بقوة كهربائية عظيمة فانه يطير عبر أنبوبة الفراغ بسرعة ستين ألف ميل فى الثانية، أو بما يعادل ثلث سرعة الضوء تقريبا . ومن الصعب ادراك معنى هذه السرعة . ولكن يمكننا أن نتصورها معادلة عبور المحيط الانطلانطيق ثلاثين مرة فى ثانيـة واحدة أو من الأرض الى القمر فى أقل من أربع ثوان ، ولكن لا يجوز أن نتصور أن فى الامكان اطلاق الكهارب عبر الانطلانطيق ، اذ يجب علينا أن نهيئ مسافة خالية ، وفراغا جيدا ، لكى تبلغ هذه الدرجات العالية من السرعة .

كل تقدّم يدعو الى السؤال الآتى : هل يمكن جعل الكهارب تطير فى الهواء ؟ وظاهر أنه لا يمكننا أن نحدث تيارا من هـذه الكهارب بتاتا ما لم يكن عندنا فراغ جيد نوعا . اذ لم يمكن أن يتحوّل الشرر فى البيضة الكهربائيـة الى خيط مؤتلق ثم ينقلب فى النهـاية الى تيـار غير منظور من أشـعة المهبط أو بعبارة أخرى الى كهارب طائرة، الا بعد أن فرغنا مقدارا من هوائها . إننا نتصور قطب المهبط قاذفا بالكهارب بسرعة عظيمة ولكن لا تلبث أن تقفها الجدران الزجاجية من الأنبوبة . أفلا نستطيع أن نعمل نافذة يمكن أن يستمر انطلاق الكهربات منها فى الهواء ؟ لا يدهشنى أن يجيب بعضهم عن ذلك بقوله إن هذا الأمر مستحيل ، لأن كل نافذة تسمح بخروج الكهارب لا شك تسمح للهواء بالدخول فى الأنبوبة ، وعليه ينتفى وجود الفراغ اللازم . والحجة فى ظاهرها وجيهة، لكن الواقع يدحضها ، فقد نجح الأستاذ لينارد الألمـانى (Lenard) فى صنع زجاجة فراغ ذات نافذة، أى

فتحة، لاتسمح بدخول الهواء فى الزجاجة ومع ذلك تسمح بانطلاق الكهارب منها . واذا حكمنا بالظواهر كانت هـذه النافذة شبيهة بالمصراع، وقد صنعها من صفيحة رقيقة من الألومينيوم فلما بلغت الكهارب الطائرة هذه النافذة الفلزية الصلبة لم تقف بل اخترقتها. وكيف علم الأستاذ أن الكهارب تسربت وهى غير منظورة؟ الجواب عن ذلك انه وان كان الأستاذ لم ير الجسيمات الطائرة فانه رأى خط سيرها فى الهواء الطلق ، لأنهـا لم تكد تخرج من تلك النافذة حتى اعترضتها حوائل شديدة من الهواء المحيط ، وذلك أن جزيئـات الغازات المكونة للهواء كانت اذذاك معرضة لصدمات هذا الرصاص الخفى ، وحدث أثر ذلك نوع ضعيف من التألق الفوسفورى شبيه الى حد ما بمـا يحدث فى أنبوبة جسلر المعتادة . وذلك الأثر المرئى قليل ولا يمكن أن يرى الا فى الظلام ولا يكون الا بجوار نافذة الألومينيوم مباشرة . واذا كانت الكهارب عنـد مغادرة النافذة المذكورة تدخل أنبوبة فراغ ثانية فانها تحدث وهجا ظاهرا جدا، ومع ذلك فان وجودها فى الهواء الطلق يمكن تبينـه بواسطة حاجز يمكن أن يتألق تألقا فسفوريا . وطيران الكهارب فى الهواء الطلق سريع الانتهاء ، فانهـا لا تستطيع أن تتخطى الى ما وراء بوصـة واحدة من الأنبوبة . فـاذا ينتهى اليه أمرها ؟ أهى تسقط كما يسقط الرصاص المنطلق من البندقية ؟ المعروف أنها بمجرد خروجها تتصـل بذرات الهواء الغازية ، وبالاختصار يمتصها الجو .

وعند ما تتسرب هذه الكهارب الطائرة الى الهواء تسمى "أشعة لينارد" (Lenard Rays) نسبة الى ذلك المجرب الماهر الذى وفق لاستنباط طريقة لخلاص هذه الجسيمات المحبوسة . ولابد أن يفهم على كل حال أنها فى الحقيقة هى نفس أشعة المهبط أو تيار الكهارب الموجود داخل الأنبوبة . والواقع أن "لينارد" نفسه اعتقد أن تيار المهبط

كان مجرد مجرى من الأمواج أو الاهتزازات الأثيرية . ولما أجرى الأستاذ تشوستر (Schuster) بعض عمليات حسابية أعطت برهانا قاطعا على أن تيار المهبط وأشعة لينارد متكونة من جسيمات ، بدت الفكرة فى أول الأمر مضحكة ، ومضت بضع سنين قبل أن يرى لينارد وجه الصواب فى قول تشوستر (Schuster) ولما اقتنع علماء الطبيعة بأن أشعة المهبط تيار من الجسيمات علقت على تجربة الأستاذ لينارد أهمية كبيرة جدا فقد كان مدهشا أن هذه الجسيمات تستطيع المرور خلال صفيحة صلبة من رقائق المعدن لا يمكن أن تمرّ منها ذرّات الغاز المشتمل عليها الهواء ، ولاح من ذلك ما يدل على أن هذه الجسيمات مفرطة فى الصغر . إن أصغر ذرة هى ذرة الايدروجين ، الذى هو أخف مادة معروفة ، مع ذلك لا يستطيع هذا الغاز أن يمرّ من نافذة الألومينيوم .

رأينا أن سرعة الكهارب الطائرة قد أمكن تعيينها . وقد يلذ القارئ أن يعرف أنه قد أمكن أيضا تعيين كتلة الكهرب وكذا الطاقة التى يبذلها الجسم الطائر كما سيتبين ذلك فى الملحق الرابع . وقد وصلت بنا هذه العوامل الثلاثة الى استكشاف مهم .

قد لا يرى بعض القراء العلاقة بين الطاقة والسرعة والكتلة بجلاء ولكن ايراد مثال تقريبي فى هذا الصدد من شأنه ان يوضح الموضوع . ان دق مسمار فى كتلة من الخشب يتطلب مقدارا من الطاقة واذا اختار النجار قدوما خفيفة فلا بد له أن ينزلها بسرعة كبيرة على رأس المسمار . ففى هذه الحالة لدينا كتلة صغيرة (وهى القدوم) متحركة بسرعة كبيرة نسبيا .

أما اذا استعمل النجار قدوما ثقيلة فانه يجد أنه يكفى استعمال سرعة بطيئة نسبيا لادخال المسمار . ومن ذلك يتضح أن العمل الذى

يمكن أن يتم بواسطة كتلة صغيرة متحركة بسرعة كبيرة يمكن اتمامه نفسه بواسطة كتلة كبيرة متحركة بسرعة أقل .

انى لم أدخل فى تقديرى هذا ما يفقد من الطاقة ، وهو مختلف فى الحالتين : فالعوامل الثلاثة التى تدخل فى تقديرنا هى : مقدار الطاقة اللازمة، والسرعة، والكتلة . وسيتضح أنه اذا عرف عاملان فالثالث يمكن ايجاده بالحساب .

وقد جئنا فى فقرة سابقة على ذكر الشحنة الكهربائية للكهارب ، فما علاقة هذا بالموضوع الذى نحن بصدده ؟ إن له معنى محدودا جدا : أثبت الرياضيون بجلاء أن القصور الذاتى للكهرب الطائر يرجع كله الى شحنته الكهربائية ، والواقع أنه لا يوجد كهرب منفصل عن الشحنة الكهربائية ، وهذه فى الحقيقة فكرة غريبة وصعبة الادراك لأول وهلة ، فليس الكهرب شيئا أكثر أو أقل من "شحنة كهربائية فى حالة حركة" . هو وحدة أو ذرة من الكهربائية السالبة .

ويستحيل بالضرورة أن نكوّن فكرة عن الجرم الحقيق للكهرب فاذا قلنا إنه واحد على ألف وثمانمائة من كتلة ذرة الايدروجين لم يساعدنا هذا كثيرا اذ أنه لا صورة فى أذهاننا لجرم ذرة الايدروجين . واذا قلنا إن الأمر يحتاج الى فرقة من الكهارب عدد أفرادها مائة ألف لتكوين قطر جزىء من المادة العادية فلن يدلنا هذا على أكثر من النسبة بين اجرام هذه الأجسام التى تتجاوز مدى المجاهر . وقد اقترح سير أوليفر لودج (Oliver Lodge) القياس التمثيلى الآتى ليساعدنا على ادراك جرم هذه الكهارب بالنسبة للذرات التى تحويها .

تصوّر كنيسة طولها ١٦٠ قدما وعرضها ٨٠ قدما ، وارتفاعها ٤٠ قدما ، وتصوّر أن الفضاء الذى يتضمنه هذا البناء يمثل ذرة من المادة ، فاذا نظرنا الى هذه الذرة المكبرة تكبيرا مفرطا فانه يستعصى علينا مع ذلك أن نرى ما تحتويه هذه الذرة من الكهارب . فكل كهرب لا يكون اذ ذاك أكبر من نقطة . ومع ذلك فسنرى أن هذه الكهارب هى المادة التى تتكوّن منها الذرات .

الباب الرابع

تركيب الذرة

الكهارب التي فى باطن الذرة — بعض أقيسة تمثيلية — نظام شمسى مصغر — الأنواع المختلفة للذرات — صورة للذرة — تجارب ممتعة باستعمال المغناطيس العائم — الطوائف العائلية للذرات — سلالم نيولاندز — القانون الدورى — تنبؤ جرى‌ء — الموجب التكهرب والسالب التكهرب — قياس تمثيلى — الذرات فى حالة تشارك — المادة والكهربائية .

نريد أن نرسم صورة مقبولة للذرة التى تتألف من الكهارب المتناهية فى الصغر :

من الواضح أنه اذا كانت الذرة متركبة من الكهارب بنفس الطريقة التى يتركب بها الجدار بالآجر، فلا بد لها من مقدار عظيم جدا من الحصى والأسمنت اللاحم ليملأ المسافات التى بين الكهارب . تصوّر الكنيسة التى ضربها سير أوليفر لودج مثلا كما هى موصوفة فى ختام الباب السابق، وحاول أن تتصوّر بضع مئات من النقط الصغيرة منثورة فى داخلها جميعه تجد أن سيكون بين النقطة والنقطة منها مسافة مائة قدم تقريبا . ولكن ليس لنا أن نتصوّر الكهارب مثبتة فى الذرة كما يثبت الزبيب فى الكعك .

اعتاد بعضنا أيام الدراسة أن يلعب لعبة ينقسم فيها الصبية فريقين : أحدهما يحتل مكانا مرتفعا ويعمل على حمايته من هجمات الفريق الثانى . وظاهر أنه اذا لم يكن عندنا اذ ذاك من الصبية العدد الكافى لنقيم من مرصوصهم جدارا واقيا محكما حول القلعة، فلا بد لنا من مراقبة الهجمات على جهات مختلفة مراقبة جيدة، وهنا محل اللعب والمسرة . فقد كان كل صبى يبذل جهده للمحافظة

على جزء معين وما كان بالمستطاع أن يرجى دفع العدو الا بالجرى هنا وهناك . وبعبارة أخرى إن الصبي الواحد كان يمكنه باستمراره على الحركة أن يقوم بالعمل الذى كان يعمله عديد من الصبية موضوعين فى مراكز ثابتة ، فاذا كانت الفرقة المدافعة ناجحة كانت البقعة المحمية أشبه فى منعتها بمربع صلب من الصبية المرصوصين ، وكذلك تصوّر الكهارب تحمى الذرة بجريها من نقطة الى نقطة مع الفارق الآتى وهو أن الصبية كانوا ينتقلون عند الدفاع فى كل الاتجاهات كما يريدون أما الكهارب فانها تتحرك فى مدارات منتظمة .

ولعلنا نوضح الموضوع تماما اذا ضربنا مثلا آخر: تصوّر طفلا يلعب بالطوق ، فظاهر أن الطفل كلما ضرب الطوق بعصاه فانه يجرى كما لو كان الطوق قرصا صلبا وزنه وزن الطوق . يقوم الطوق المحيط بحماية الفضاء المحصور . وتصوّر هذا الطوق معلقا فى وضع أفقى ببعض خيوط غير منظورة ، فاذا ضربناه فى أى جزء من محيطه فكأنما نضرب قرصا كبيرا صلبا . ولنفرض أن عندنا بدلا من الطوق المتصل مقدارا عديدا من الكرات الصغيرة مرصوصة على شكل دائرة ، وتاركة مسافات بين كل كرة وما يجاورها . قد نضرب بين الكرات فلا تكون هناك للكرة صلابة . ولكن دع دائرة الكرة تتحرك بسرعة عظيمة واضربها بعصاك ، اذ ذاك تجد أن العصا ترتد كأنما الدائرة جسم صلب . ومن الواضح أنه يجب أن تكون سرعة الدوران عظيمة ، ولكن ليس من الصعب أن تتصوّر أن من الممكن وضع الكرات على مسافات بعيدة بعضها عن بعض متى كانت السرعة عظيمة جدا ، واذا زيدت السرعة بحالة متناسبة فلا نزال نحس أثر الجسم الصلب . وهذا يعطينا صورة تقريبية عن الذرات كما نعرفها اليوم . فما هى الا مجموعة من الكهارب تدور حول

نفسها بسرعة بالغة فى مدارات منتظمة . و يمكننا الآن أن نرى كيف أن النقط المنتثرة على مسافات بعيدة ، تستطيع أن تشغل جميع داخل الكنيسة الواردة فى المثل المذكور .

ونرى أن ذرة اليوم هى فى حقيقتها نظام شمسى مصغر . فلا حاجة بنا الى أن نتصوّرها كدائرة من الكهارب فى مستوى واحد ، وإنما يفضل الرياضى هذا الترتيب لأنه يساعده على تناول الموضوع من وجهته الرياضية على أحسن حال ، وليستنتج منه عدّة استنتاجات مهمة . بيد أننا لن نشغل أنفسنا بمسائل رياضية بل سنقنع بالنتائج التى استخرجها الثقات المشتغلون بالموضوع .

يكفينا أن نتصوّر أن الذرة مجموع كبير من الكهارب تجرى جميعها فى مدارات منتظمة ، حلقة داخل حلقة ، وأنها جميعها تدور بسرعة عظيمة جدا . ويجب علينا أن نتذكر أن كل هذه الطاقة محبوسة داخل الذرة . فلا حاجة بنا بعد ذلك الى أن نحكم على الشيء كما يقول المثل الانجليزى بأنه ميت «موت مسمار الباب» وانعت كل ذرة من الذرات المكوّنة للمسمار بما شئت الا بالموت تعنى به أنها بلا حراك .

بيد أن لدينا أنواعا مختلفة من الذرات ، تلك التى تكوّن الذهب ، وتلك التى تكوّن أقذار شوارع مدننا ، فهل هذه الذرات جميعها متكوّنة من مادة واحدة؟ نحن نعتقد ذلك . وسنأخذ الآن فى بحث الوجوه التى يختلف فيها نوع من الذرات عن نوع آخر .

لقد صوّرنا حتى الآن جمعا من الكهارب أو الوحدات الكهربائية السالبة مجتمعة بعضها مع بعض لتكوّن الذرة . ولو كان هذا كل ما فى الأمر لوجب أن تكون لدينا شحنة من الكهربائية السالبة متجمعة . وليس هذا وحده ، بل كان يجب أن تتنافر

هذه الوحدات الفردية من الكهربائية السالبة بعضها عن بعض . وعلى ذلك تتبدد ذرتنا الخيالية . لا بد أن يكون فى الذرة مقدار من الكهربائية الموجبة مساو لمقدار السالبة فيها ليحدث التعادل أو التوازن . على أننا لا نستطيع أن نتصوّر عددا مساويا من وحدات الكهرباء الموجبة أو على الأقل لم نشهد وجود مثل ذلك . لم نجد مطلقا كهربائية موجبة مستقلة عن ذرات المادة ، فى حين أننا قد ألفنا وحدات الكهرباء السالبة الطائرة فى الأنابيب المفرغة ، بل الواقع أننا نعرف من أمر هذه الكهارب أكثر مما نعرف من أمر ذرات المادة .

وبما أننا لا نجد وحدات من الكهرباء الموجبة مستقلة عن الذرة فقد ارتأى بعضهم فى أول الأمر أن الكهارب المكوّنة للذرة قد تكون محتواة فى كرة دقيقة من الكهرباء الموجبة . نعم قد تغيرت هذه الصورة ولكنها تعطينا نقطة صالحة للبداية . والرياضى مستعد لقبول هذه الفكرة بوصف كونها نظرية فرضية عملية ، لأنه يستطيع بواسطتها أن يستخرج نتائج مقبولة . والكهربائية الموجبة تجذب الكهربات الى مركز الكرة ، فى حين أن الكهارب يطرد بعضها بعضا وتميل بعملها هذا الى الخروج من نطاق الكرة . وبعبارة أخرى إن الكهارب تميل الى الطيران فى مختلف الاتجاهات ولكن الكهربائية الموجبة ترجعها الى الوراء وعندئذ يحدث التعادل .

ولم يقتصر الأمر على أن الرياضيين تمكنوا من حساب أنواع شتى من ترتيبات الكهارب فى انتظامها لاحداث ذرات ممكن وجودها ، بل تعداه الى أن المشتغلين بالتجارب قد استطاعوا أن يبينوا عمليا أنواعا شتى من الترتيبات بواسطة مغناطيسات صغيرة طافية أو بأجسام صغيرة مكهربة سابحة على سطح الماء . وباجراء مثل

هذه التجارب على عدد من الأجسام المختلفة تظهر أنواع شتى من الترتيبات ، اذ تحدث أشكال مختلفة تبعا لعدد الأجسام التى استعملت فى التجربة .

ويلذ الانسان أن يتتبع بعض تجارب من هذا القبيل ، واذا كانت لديه وسيلة صالحة لمغطسة عدد من إبر الفولاذ مغطسة متساوية فان فى قيامه هو نفسه بعمل هذه التجارب مرة أخرى ما يزيده استمتاعا ، فبعد أن تمغطس الابر جميعها يغرز كل منها فى قطعة فلين صغيرة حتى اذا عوّمت على الماء انقلبت الابرة الى أسفل وتدلت فى الماء رأسيا . ويلاحظ فى غرز الابر أن تكون جميع أقطابها الجنوبية الى الأعلى واذا نحن ألقينا الآن عددا من الابر المذكورة فى وعاء الماء لتمثل الكهارب فى الذرة فان الابر بطبيعة الحال تتنافر وتحاول بالفعل أن تفر من الوعاء بسباحتها الى حافته كما هو مبين فى القطعة الأولى من الصورة الفوتوغرافية المنشورة فى أول الكتاب . وهذا بالضبط ما تفعله الكهارب فى باطن الذرة اولا ما يصدها من شحنة الكهرباء المضادة ، أى الموجبة ، اذ تجرها نحو المركز . ويمكننا بناء على هذا فى تجاربنا أن نمثل هذه الشحنة الضابطة بوضع قطب واحد من مغناطيس فوق مركز الوعاء كما هو مبين فى الصورة الثانية . واذا كنا قد ثبتنا الابر الصغيرة وأقطابها الجنوبية الى الأعلى فيجب أن نضع القطب الشمالى من المغناطيس الضابط فوق الوعاء اذ أن الأقطاب المتضادة تجذب بعضها بعضا واذا ألقيت ثلاث إبر فى الماء فانها تنتظم ، بحيث تتكوّن منها الأركان الثلاثة لمثلث ، واذا كانت أربع ابر نظمت نفسها فى أربعة الأركان لمربع ، كما ترى فى الصورة الثانية . كما أن خمس إبر تكوّن مخمسا . واذا ألقينا ابرة سادسة نرى ظاهرة تستوقف النظر : ذلك أن الابر الست لاتحاول أن تكوّن نفسها على شكل مسدّس ، بل تذهب واحدة منها

الى المركز وتنظم الابر الخمس الأخرى نفسها على شكل مخمس كما سبق . واذا وضعنا ابرة سابعة بدت لنا ظاهرة أعجب : ذلك أن واحدة منها تذهب الى الوسط أما الست الباقية فتنظم نفسها فى حلقة على مسافة ما من الابرة المركزية كما ترى فى الصورة الثالثة . واذا أخذنا نزيد ابرة بعد ابرة حدثت تغيرات عجيبة شتى . هذه اذن هى الانتظامات الثابتة أو ترتيبات التوازن، وهى تفيدنا فى تكوين صور مفيدة عن الانتظامات الممكن أن تكون عليها الكهارب فى الذرة. وقد حققت عدّة تجارب عملت بهذه الطريقة الانتظامات التى أنتجتها التقديرات الرياضية البحتة .

وهناك نقطة أخرى عظيمة الأهمية فيما يختص بما وصل اليه الرياضى من التشكيلات الثابتة . فهو يجد أن كثيرا من الأشكال المختلفة الانتظام للكهارب متماثلة جدا بعضها مع بعض ، فتجد مثلا أن احدى ذراته المحتملة تتكوّن من كهرب واحد فى الوسط وست كهارب حوله كما فى الصورة الثالثة. وكلما أمعن فى تدوين جدول الانتظامات الثابتة المحتملة يجد شكلا آخر مماثلا تماما للشكل الذى سبق ذكره ، غير أنه يشتمل على حلقة اضافية مكونة من أحد عشر كهربا خارج الحلقة الأصلية كما ترى فى الصورة الرابعة، ثم بعدّ ذلك فى جدول حسابه يجد هذا الانتظام الكبير مضافة اليه حلقة أخرى من خمسة عشر كهربا وراء الحلقة السابقة. واذا كانت الذرات الآن مبنية فعلا على هذه القاعدة فلا بد أن نتوقع وجود شىء من التماثل بين سلوك بعض الذرات المختلفة فى الطبيعة . ولا بد أن نجد بعض طوائف من الذرات ذات تشابه عائلى. فتكون لها بناء على ذلك خواص متماثلة ، والواقع أننا نجد هذا فعلا فى الطبيعة، بل لقد أمكن ادراك هذه الحقيقة قبل محاولة تشريح الذرة بزمن بعيد .

عرفنا أيام المدرسة كيف أن البوتاسيوم Potassium والصوديوم Sodium متماثلان جدا . كلاهما فلز رخص يمكن قطعه بسهولة تامة بسلاح مبراة عادية وكلاهما ذو بريق لامع أشبه ببريق الفضة حين يقطع ولكنه يتكدر لونه على عجل أى يتأكسد، وكلاهما له الخاصية العجيبة، خاصة الاشتعال والالتهاب حين يلقى على سطح رطب . والبوتاسيوم أنشط الاثنين فى هذا الصدد ، بل انه ليشتعل اذا ألقى فى حوض به ماء . أما الصوديوم فانه فى نفس هذه الظروف يحدث تحللا فى الماء ويبعث حرارة بالغة ، ولكنه لا يشتعل . على أنه يشتعل فعلا اذا اكتفى بوضعه على سطح رطب . ويستطيع الكيمياوى أن يخبرنا أكثر من هذا عن الخواص المشتركة بين البوتاسيوم والصوديوم .

ويستطيع الكيمياوى أن يدلنا أيضا على مادة أولية أخرى تسمى الليتيوم (Lithium) مظهرها أبيض فضى كالسابقين، وهى أيضا فلز رخص وان لم يكن بدرجة الصوديوم أو البوتاسيوم . ولا نستطيع أن نحمل الليتيوم على الاشتعال اذا وضعناه على سطح رطب، ولكنا نجد أن له نفس خاصية تحليل الماء وتوليد الحرارة وان لم يكن هذا بدرجة كافية يظهر منها الاحتراق الشديد الذى يبدو من رفيقيه السالفين . هنا عندنا مجموعة عائلية من ثلاث مواد أولية ، على أن هذه الحالة ليست فريدة . فانا نجد أن جميع العناصر الأخرى يمكن تقسيمها الى مجموعات عائلية صغيرة بطريقة مماثلة . وأعجب ما يستوقف النظر فى هذا الصدد اننا لا نحتاج فى انتقاء أعضاء كل مجموعة عائلية الى فحص خواصها فاننا اذا عرفنا الوزن الذرى [1] لمختلف العناصر أمكننا أن نردها الى عائلاتها الخاصة .

(١) الأوزان الذرية هى النسب الوزنية التى تتحد بها العناصر المختلفة بعضها مع بعض . وقد اتخذت ذرة الايدروجين وحدة لأنه أخف العناصر المعروفة .

وفى سنة ١٨٦٣ ذكر جون نيولاندس (John Newlands) فى خطاب أرسله الى المجلة الكيمياوية (Chemical News) أنه اذا ترتبت العناصر بترتيب وزنها الذرى مبتدئين بالأعلى ونازلين الى الأدنى — مثل البيانو ، فان العناصر التى تكون تابعة لعائلة واحدة تحدث على فترات منتظمة من السلم . واذا تصورنا لوحة المفاتيح وانتخبنا المفتاح الذى يمثل البوتاسيوم نجد أن الصوديوم يكون على مسافة منه بمقدار سلم موسيقى ، واذا صعدنا درجات سلم آخر وصلنا الى الليتيوم ، واذا أخذنا السلالم التى دون البوتاسيوم وجدنا عنصر الروبيديوم (Rubidium) أولا على مسافة سلم ثم عنصر السيزيوم (Caesium) بعده بمقدار سلم . نعم ان الرجل العادى لا يعرف شيئا عن هاتين المادتين ولكنه يعرف من الكيمياوى أن بينها و بين البوتاسيوم والصوديوم والليثيوم تشابها عائليا عجيبا .

وقد وجد أن أعضاء المجموعات العائلية الأخرى تشغل مثل تلك المراكز بعضها من بعض . ثم بعد ذلك اشتغل الكيمياوى الروسى الشهير ، مندليف (Mendelèeff) وكذا الكيمياوى الألمانى العظيم (Meyer) بصقل سلالم نيولاندس هذه ووضع القانون الدورى (Periodic Law) المعروف على أثر ذلك .

ولا حاجة بنا هنا الى أن نفهم جميع مايراد بالقانون الدورى ، فمعناه بالاختصار أننا اذا عرفنا وزن ذرة من أى عنصر أمكننا أن نعرف خواصه ، ومع ذلك فمن المهم جدا أن نلاحظ أن مندليف ، وكان لديه من الايمان بصحة هذا القانون ما جعله يتنبأ بكل جرأة عن وجود ثلاثة عناصر أخرى لم تكن قد استكشفت بعد ، قد وجد ثلاثة أماكن خالية فى جدوله الدورى لا بد من ملئها اذا كان القانون صحيحا . وقد أمكن أن يقول لنا من أى عائلة هذه

العناصر المفقودة . ولذلك تنبأ بجرأة عما سيكون لتلك العناصر من الخواص الكيميائية يوم يمكن استكشافها . ومما تلذ معرفته أن مندليف قد عاش حتى استكشفت العناصر الثلاثة المفقودة و يشاهد تحقيق نبوءته فقد ظهرت هذه المواد فى عالم الوجود الواحدة بعد الأخرى ، وكان لكل منها عين الخواص التى قدّرها لها .

وهذا القانون الدورى وضع قبل أن يبدأ المشتغلون بالطبيعيات فى كمبردج عملياتهم الحسابية الخاصة بالترتيبات المحتملة التى يمكن أن تكون عليها الكهارب فى الذرات المختلفة . والآن يرى الأستاذ تومسون أن الوزن الذرى لأى عنصر متناسب مع عدد الكهارب التى تحتويها ذرته . على أنه يجب علينا أن نذكر أن كل مجموعة من عدد معلوم منها لها هيئة انتظام معينة . وليس هذا بحال من الأحوال مماثلا لأن نقول إن لدينا كيسا فيه سبع وستون كرة (بلية) وآخر فيه ثمان وستون . وفضلا عن هذا ، فان بعض الكهارب ، (لا أكثر من ثمانية ليطابق هذا قانون السلالم الموسيقية) يظن أنها تكوّن حلقة خارجية ، فى حين أن البعض الآخر وهى الكهارب المركزية ، تكون أشد توائقا وتماسكا ، (انظر الشكل المبين صفحة ٥٠) .

و يخبرنا الرياضى أن بعض الترتيبات ليست ثابتة جدا ، والواقع أن بعضها عند حد التقلقل تماما ، فمثلا يوجد ترتيب فى وسطه مقدار من الكهارب لا يكفى إلا لحفظ تماسك الحلقة الخارجية . فاذا اضطربت الحلقة الخارجية بأى مصدر خارجى فقد تعجز بعض كهارب الحلقة الخارجية عن الارتداد الى مراكزها الأصلية فإن الكهارب جميعها تدور بسرعة عظيمة ، بحيث أن أى واحدة تنحل من نظامها لابد أن تشرد عنه . وهذه الكهارب المنفصلة

تجـد على الفور مكانا جديدا فى ذرة مجاورة يسمح نظامها بقبول أمثال هذه الكهارب بسهولة . وعليه نتصوّر وجود تبادل مستمر لعـدد قليـل من الكهارب القابلة للانفصال بين الذرات . وقد تكون أبسط خطة لنا أن نتصوّر هذه الكهربات القابلة للانفصال كأنها مذنبات واقعة خارج المدارات المنتظمة الثابتة . وسنرى فيما بعد على كل حال أن هناك أحوالا غير عادية من عدم الاتزان ، أى من التقلقل تشرد الكهارب فيها عن المـدارات المنتظمة وتنطلق فى الهواء المحيط بسرعة عظيمة فتحدث بعض تلك الظواهر المعروفة عن الراديوم على الأخص ، وفى هذه الحالة تكون الذرة فى الحقيقة فى حالة تفتت . وهـذا أمر مخالف تمـام المخالفة للتبادل الودى للكهارب القابلة للانفصال .

أى أثر يحـدثه للذرة هـذا التبادل الودى فى بعض الكهارب القابلة للانفصال ؟ إن معناه أن الذرة عند ماتفقد كهربا أو أكثر لا يكون لها بعد ذلك توازن كهربائى تام ، إذ يكون بعض شحنتها السالبة قدتسرب مع الكهارب الشاردة بينما تظل الكرة الكهربائيـة الموجبة ثابتة . فالذرة التى تكون قد فقدت بعض كهاربها تصبح بناء على ذلك جسما مشحونا بالكهربائية الموجبة ، إذ أن الشحنة الموجبة ترجح على الشحنة السالبة المنتقصة . وقد يحدث فى بعض الذرات أن تزيد هيئة انتظام الكهارب فيهـا ثباتا ، اذا زيد على مجموعتها كهرب واحد . وفى أحوال أخرى تكون اضافة كهربين اثنين مساعدة على زيادة الثبات ، وهلم جرا . والذرة التى بها ميل الى إضافة كهرب أو أكثر الى حزبهـا تسمى سالبـة التكهرب إذ أن اضافة مثل هـذه الكهارب من شأنه أن يعطيها شحنة سالبة .

ومن جهة أخرى فإن هناك هيئات أخرى للانتظام الذرى تكون أشد ثباتا حينما يؤخذ من الذرات كهرب أو أكثر . والذرة التى بها ميل الى فقدان كهرب أو أكثر تسمى موجبة التكهرب ، إذ أن فقدان مثل هذه الكهارب السالبة من شأنه أن يترك بها شحنة موجبة . ولكن لا بدلنا أن نذكر أن تبادل الكهارب التى نحن بصددها لا يغير طبيعة الذرة . فذرة الايدروجين تكون دائما ذرة ايدروجين سواء ازدادت كهربائيتها الموجبة أم نقصت . فلكى نغير طبيعة الذرة ونحوّل الرصاص الى ذهب مثلا يحتاج الحال ، لا الى تغيير فى عدد الكهارب وهيئة انتظامها وحدها بل وفى مركز الكهربائية الموجبة . ولكنا لا نستطيع أن نحدث مثل هذه التحويلات إذ لا الكيمياوى ولا الطبيعى بقادرين على أن يهدما هيئات الانتظام الذرى الثابتة . ولكن بين أيدينا أدلة على أن الطبيعة كيمياوى صادق ، وعلى أنها دائبة على اجراء تحويلات فعلية كنا نجهلها تمام الجهل حتى استكشفت ظاهرة "قوة الاشعاع" ولكنا سنتناول هذا بالبحث فيما بعد كما ذكرنا فيما سلف .

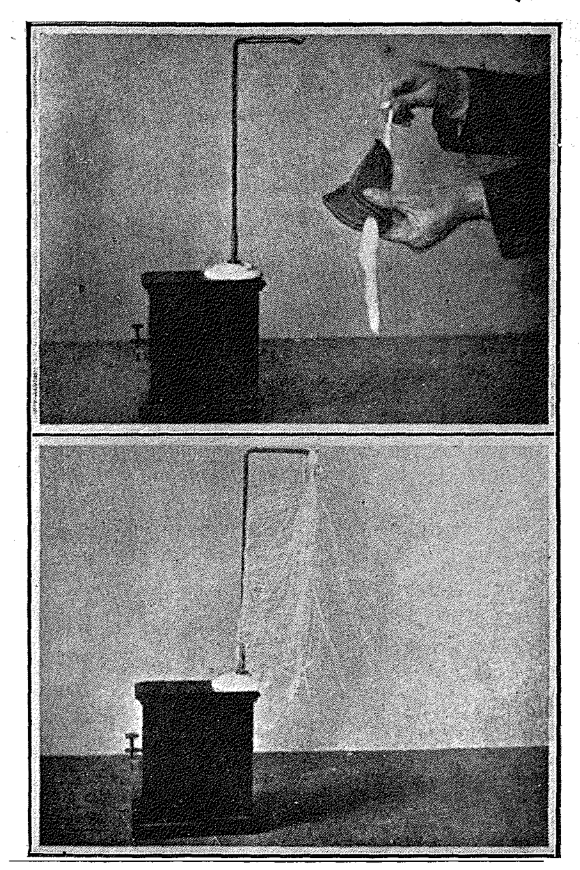
فى الباب السابق رأينا أن الاتحاد الكيميائى ليس إلا اتحادا كهربائيا وأن الذرة الايجابية الموجبة التكهرب ترتبط بذرة سالبة التكهرب . والآن نحن أقدر على إدراك السبب فى أن ذرة الأوكسيجين الواحدة الشديدة التكهرب السالب تستطيع أن تمسك بذرتين من الايدروجين ضعيفتى التكهرب الموجب ، فان الشحنة السالبة لذرة الأوكسيچين تتطلب الشحنة الموجبة لذرتى ايدروجين لاحداث توازن كهربائى ، وتكون نتيجة ذلك تكوّن جزىء متعادل من الماء .

وهنـاك طريقة أخرى للنظر فى الموضوع ، وهى تصوّر ذرة الأوكسيجين قادرة على قبول كهربين إضافيين عند ما تقرب كثيرا من أى ذرة أو ذرات قادرة على فقدان مثل هذه الكهارب . فذرة الايدروجين المفردة قادرة على فقد كهرب واحد . لكن ذرتين منه عاملتين معا تستطيعان أن تعطيا ذرة الأوكسيجين كهربين اثنين . وعليه فان هذه الذرات الثلاث تصبح متحدة اتحادا كهربائيا أو كما نسميه أيضا اتحادا كيمياويا .

قد يعجب بعض القراء لماذا لا تبدو على كتلة ما من أى عنصر شحنة كهربائية ، واذا كانت ذرات الايدروجين موجبة التكهرب فلماذا لا تبدو على مقدار من هـذا الغاز شحنة موجبة ؟ اننا عند ما نقول إن ذرات الايدروجين موجبة التكهرب فالذى نعنيه فى الحقيقة هو أنها قارة على فقدان كهرب واحد ، ولذا تصبح موجبة التكهرب . أما اذا تركت على حالها فانها تكون متعادلة التكهرب .

لكن بمجرد اقتراب ذرّات الايدروجين من ذرّات الأوكسيجين اقترابا شـديدا تعطى كل ذرّتين من الايدروجين كهربا لذرّة أوكسيجين واحدة ، وبذا يختل التوازن الكهربائى . وهذا التبادل فى الكهارب هو الذى يحدث الشـحنة الكهربائيـة فى الذرّات ويدعو الى جذب بعضها بعضا وتكوين جزيئات بسيطة أو مركبة .

يتذكر القارئ فى أحد الأبواب السابقة ، عند ما كنا نتكلم عن الاتحاد الكيمياوى ، أننا توجسنا صعوبة فى قبول اعتبار أن الاتحاد مسبب عن تجـاذب شحنتين متضادتين فى الذرّات فان الذرّات الموجبة التكهرب والذرّات السالبة التكهرب لم تقتصر على الارتباط كما هو الحـال فى ذرّة الصوديوم الموجبـة الكهرباء فى اتحادها بذرّة الكلور السالبة التكهرب لتكوّن تلك المـادة النافعة التى نسميها



التنافر الكهربائى

اذا دلكت شرابة من الخيوط الحريرية بكيس كاوتشوك مما يوضع فيه التبغ أصبحت الخيوط الحريرية مكهربة تكهربا واحد النوع ، ولذلك يزجر بعضها بعضا كما يرى فى الصورة الفوتوغرافية السفلى . وهى فى هذه الحالة تجذب اليها أى جسم غير مكهرب ، ولذلك فانك ترى أن الخيوط القريبة من العمود المعدنى عالقة به .

ملح الطعام ، بل إن الذرّة أحيانا تسلك كأنما هى موجبة التكهرب وأحيانا أخرى كأنما هى سالبة التكهرب ، مثال ذلك : المركب المعروف بغاز المستنقعات (MarshGas) فانه مركب من ذرة من الكربون وأربع ذرّات من الايدروجين وكلاهما موجب التكهرب بالنسبة للأوكسيجين . ولذلك يجب علينا أن نفهم أن الاصطلاحين ، موجب التكهرب وسالب التكهرب ، ليسا الا نسبيين ، فقد يكون الكربون موجب التكهرب بالنسبة للأوكسيجين ومع ذلك يكون سالب التكهرب بالنسبة للايدروجين .

ومن الصعب ايجاد مثل قياسىّ لايضاح الحقيقة السالفة الذكر . ولكن لعل مما يفيد أن نتصوّر الذرّات مرتبة فى سلم مدرج بحيث تستطيع كل ذرّة أن تعطى بعض كهاربها بسهولة الى ذرة أخرى واقعة دونها فى هذا السلم ، فتصوّر الذرّة القادرة على قبول الكهارب سالبة التكهرب ، لأنها تشتمل اذ ذاك على مقدار زائد من الكهارب وأن الذرّة الفاقدة للكهارب ذرة موجبة التكهرب لهذا السبب ، ثم تصوّر ذرّة من نوع مّا تعطى كهارب الى ذرّة أخرى أدنى منها فى السلم . ونقول إن الأولى موجبة التكهرب . ولكنا فى الوقت نفسه نرى أن نفس هذه الذرّة الموجبة التكهرب قادرة على قبول كهرب من ذرّة أخرى أعلى منها فى السلم ، وفى هذه الحالة لا تكون موجبة التكهرب بل تصبح سالبة التكهرب .

قد يفيد المثل القياسى الذى مرّ بك بعض الفائدة ، بيد أنه غير كامل فهو مثلا لا يتناول فى حسابه كون ذرّتين من عنصر واحد ، كالأوكسيجين مثلا ، تتحدان بعضهما ببعض وتكونان جزيئى أوكسيجين . فان من شأن ذلك المثل القياسى أن لا تعطى ذرّة الى ذرّة شيئا من الكهارب اذ أنهما فى مستوى واحد بترتيب

السلم . على أن الفوسيقى قد يستطيع أن يورد أدلة على افتراض أنه اذا أصبحت ذرّتان من عنصر واحد قريبة احداهما من الأخرى ، بحيث تستطيع الكهارب الدائرة فى احدى الذرّتين أن تؤثر فى الكهارب الدائرة فى الأخرى ، فان هناك تبادلا فى الكهارب يجعل احدى الذرتين سالبة التكهرب بالنسبة للأخرى . وبهذه الطريقة نستطيع فضلا عن ذلك أن نتصوّر ذرّتين من الأوكسيجين متحدتين اتحادا كهربائيا لتكوّنا جزيئا من الأوكسيجين .

والآن قد استطعنا أن نكوّن صورة ذهنية عن بناء الذرّة : فنرى الكهارب ، أى وحدات الكهربائية السالبة ، تدور بلا انقطاع فى مدارات منتظمة بعضها فى قلب مركزى وبعضها فى حلقة خارجية ، اذ هناك توازن بين الكهارب والقلب الايجابى ، ونتصوّر بعض هيئات انتظامية ثابتة ناشئة عن عدد الكهارب الداخلة فى الذرّة . هذه الهيئات الانتظامية المختلفة هى التى تعطينا مختلف خواص الذرّات ، أو أنها بعبارة أخرى تكوّن مختلف الذرّات الأوّلية . وقد سمينا احدى الهيئات الانتظامية ذرّة الصوديوم . ولن نستطيع أن نؤمل أن نرى هذه الذرّات حتى بأقوى المجاهر ولكن عند ما يجتمع حشد كبير جدا من الملايين من هذه الذرّات معا نرى كتلة من المادة نسميها الصوديوم وهى فلز رخص له الخاصة المميزة وهى اشتعاله اذا هو وضع على سطح رطب كما سبق الذكر .

كما أنا نسمى هيئة انتظامية أخرى من الكهارب ذرّة من الكلور ، وهى تختلف عن السابقة فى عدد الكهربات وفى الهيئة الانتظامية المترتبة على ذلك ، فان اجتماع حشد عظيم من ذرّات هذا النوع يحدث غازا نسميه الكلور خواصه معروفة لكل من درس علم الكيمياء . ولكن مما يدهش أننا حين يكون عندنا حشد عظيم

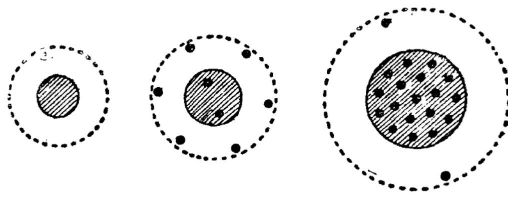
من هاتين الذرّتين نفسيهما : الكلور والصوديوم متحدين بعضهما ببعض أزواجا — لا يبقى عندنا غاز وفلز بل مادة مختلفة عنهما اختلافا كليا هى ملح الطعام المعروف . قد يشعر الانسان بميل الى القول بأن الملح متكوّن من غاز وفلز ، ولكن ليس هذا الرأى فى الحقيقة صحيحا ، فان الملح متكوّن من نوعين مختلفين من الذرّات : واحد منهما يكوّن غازا والآخر فلزا . ولكن هذه الذرّات نفسها التى تكوّن المادة ليست بغاز ولا فلز بل هى نظم دائرة من الكهارب متحدة مع كهربائية موجبة . وقصارى القول أن المادة جميعها سواء أكانت من الماس الثمين أم من الغاز المضنى متكوّنة من ذرّات وأن هذه الذرّات ليست الا كرات من الكهربائية الايجابية تدور فى باطنها بلا انقطاع وحدات دقيقة من الكهربائية السالبة فى مدارات محدودة . ولا تختلف الذرّة عن الذرّة الا فى عدد وحداتها السالبة أى الكهارب وفى هيئة ترتيبها (١)

اذا كانت هذه النظرية الكهربية صحيحة صح أن المادة جميعها متكوّنة من كهربائية . وقد سألنى أحد الغلمان : هل توجد فيه كهربائية وظن أننى أمزح حين قلت له إنه متكوّن جميعه من كهربائية . نعم يجب علينا أن نضع نصب أعيننا أن المسألة ليست فى حقيقتها الا نظرية ولكن فكرة أن الأرض تدور حول الشمس لم تكن فى أول أمرها الا نظرية ثم وجدت حقائق عديدة جدا استقامت معها استقامة جعلت المفكرين يميلون الى القطع بأنها حقيقة ثابتة . ونظرية الكهارب تعززها حقائق عديدة ، فقد أمكن فصل الكهرب فعلا عن الذرّة كما رأيت فى أنابيب كروكس الفراغية حيث استحدثنا تيارا حقيقيا من الكهارب الخالصة ، ولكنا لم نستطع أن نفصل

(١) لابد أن يختلف أيضا حجم الجزء المركزى للكهربائية الموجبة لموازنة عدد الكهارب .

الكهربائية الموجبة بالطريقة عينها . ولذلك يجب علينا أن نعتبر مسألة القلب المركزى للكهربائية الموجبة مسألة فرضية بحتة .

ولا حاجة بنا الى تفسير معنى الرسم المرافق لهذا ، اذ أنه واضح من تلقاء نفسه .



رسم (ز) تركيب الذرات

هنا ذرّة الايدروجين التى هى أخف الذرّات المعروفة مصوّرة كأنها خالية من الكهارب فى القلب الموجب ، ومشتملة على كهرب واحد فقط فى الحلقة الخارجية . ونقدر أن للأوكسيچين اثنين فى القلب المركزى وستة فى الحلقة الخارجية ، أما ذرّة الكلسيوم وهى أثقل وزنا فتشتمل على ما لا يقل عن ثمانية عشر كهربا فى القلب الموجب واثنين فى الحلقة الخارجية .

قارن هيئة ترتيب الكهارب الثمانى عشرة الموجودة فى القلب المركزى بالرسم الرابع من الصورة الافتتاحية .

واذا كانت المادة متكوّنة بأجمعها من كهربائيتين : سالبة وموجبة كان سؤالنا الثانى هو : ما هى هذه الكهربائية ؟

الباب الخامس

ما هى الكهربائية ؟

طبيعة الكهربائية — فكرة فرانكلين الأصلية — ترك أفكار فرانكلين والرجوع اليها — الكهربائيتان الموجبة والسالبة — تخمين جاء عرضا — ماذا يحدث عندما يدلك قضيب من الزجاج بقطعة من قماش الحرير — معنى التفريغ الكهربائى — ماذا يكون التيار الكهربائى ؟ — توضيح استكشاف فولتا الأصلى — كيف يمر التيار خلال سلك ؟ — قياس تمثيلى — سبب المقاومة الكهربائية — كيف نزيد الضغط الكهربائى — التيارات المنخفضة الضغط — الأجسام العازلة — خلاصة .

آراؤنا اليوم فيما يختص بطبيعة الكهربائية مختلفة جد الاختلاف عما كانت عليه منذ سنين قلائل . قد يقول المراقب إن آراءنا فى هذا الصدد رجعية ، اذ الواقع أن تصوراتنا الحاضرة عن المسائل الكهربائية ليست بحال غير شبيهة بآراء بنيامين فرانكلين الأولى . ولعل أشهر ما عرف به فرانكلين لجمهور القراء تجاربه التاريخية لسحب الكهربائية من السحب الراعدة بواسطة طيارات اللعب ، بيد أنه معروف أنه كان سياسيا أكثر منه فيلسوفا . ففى أوائل العهد بالكهربائية أى حوالى سنة ١٧٥٠ ارتأى فرانكلين أن الكهربائية سيال خفى يتخلل جميع المواد . فلما تقادم العهد أخذ العلميون يرون أن هذه الفكرة عن الكهربائية فكرة ممعنة فى المادية . واذا راجع الانسان ما كتب عن الكهربائية ، ونشر فيما بين عهد نظرية فرانكلين وظهور نظرية الكهارب الحاضرة ، يجد أن الكتّاب يعتبرون الكهربائية أشد وأبلغ خفاء فى طبيعتها مما كان يراه فرانكلين . والواقع أن الكتّاب حاولوا أن يتجنبوا كلمة كهربائية بتاتا مفضلين أن يتكلموا عن مظاهرها : أى التيار الكهربائى والكهربة ، وهلم جرا . واليوم تردّنا نظرية الكهارب الى آراء

أكثر مادية . فنشعر أننا ألفنا تماما الذرة ، أى وحدة الكهربائية السالبة . وقد نتكلم عن ذرات الكهربائية.ولكن لما كانت كلمة ذرة ذات معنى مادى معين متصل بها فان كلمة وحدة تبدو أفضل منها . بل إن كلمة وحدة قد تحمل الى بعض الناس شيئا كثيرا من المعنى الرياضي البحت . ولذلك يسرنا أن نعلم بحدوث تسمية مرضية ، وهى أن وحدة الكهربائية السالبة أصبحت تعرف باسم الكهرب (Electron) . أما فيما يختص بذرة الكهربائية الموجبة ، أى وحدتها فانا أشد جهلا .

نرى اليوم فى نور ما لدينا من العلم أن نظرية السيال الواحد التى قال بها فرانكاين كانت فى الواقع تنبؤا باهرا . فقد قال فرانكاين « إن جسيمات هذا السيال ينفر بعضها من بعض » وهذا ما تفعله بالضبط كهاربها العصرية أى الجسيمات السالبة ، فهى تنفر بعضها من بعض لأن الكهربائيتين المتماثلتين تتنافران ، وقال فرانكاين : إن نوعى التكهرب اللذين شاهدهما ، أحدهما المنتج بواسطة قضيب زجاج والآخر بواسطةقضيب شمع الختم ، انما حدثا بسبب زيادة السيال فى أحدهما ونقصه فى الآخر . من أجل هذا أدخلت فى الاستعمال كلمتا « موجب » و « سالب » وقد كان يزعم أن الجسم المشحون بكهربائية موجبة يشتمل على زيادة من السيال ، وأن الجسم المشحون بكهربائية سالبة نقص فى ذلك السيال . ومع أن نوعى التكهرب المختلفين يمكن ايضاحهما باجراء تجارب بسيطة فانه لم يكن هناك ما يمكن الاستدلال به على أى الجسمين يشتمل على الزيادة وأيهما على النقصان . ولم يكن من سبيل الى معرفة هذا أو ذاك الا بالحدس والتخمين فأعطيت قضبان الزجاج مزية الاشتمال على مقدار زائد من جسيمات السيال اذا « أثيرت » ولذلك قيل إنها مشحونة

كهربائية موجبة، ولا نزال نقول عن قضيب الزجاج إنه موجب التكهرب اذا دلك بقطعة من الحرير، ولكنا لا نفرض أنه يشتمل على زيادة من الكهارب بل نتصوّر العكس على خط مستقيم، على أنا انما نحتفظ بهـذه التسمية القديمة لنتجنب أى لبس يحدثه التغيير. ويرى من الأبواب السابقة أن إدخال فكرة الكرة الثابتة من الكهربائية الموجبـة فى الذرة يمنع أى التباس حقيق. فإن ذرات الزجاج تفقد مقدارا من الكهارب أثناء عملية الدّلك، وبذلك تصبح الكرات الموجبة الثابتة راجحة، وهذه الفكرة تساعدنا فوق ذلك على اعتبار أن قضيب الزجاج موجب التكهرب. وحقيقة الأمر أن الجسم المشحون شحنة سلبية هو الذى تكون فيـه زيادة من الكهارب، ولكن هذا أيضا يلوح طبيعيا لأن اضافة شحنات سلبية صغيرة تجعل مجموع الشحنات السلبية أرجح من الشحنة الموجبة الثابتة.

وقد يلذنا أن نعمل صورة بيانية عما يحدث حين ندلك قضيبا من الزجاج بقطعة من الحرير. فبعض الكهارب يترك قضيب الزجاج، ويتعلق بالحرير. واذ يكتسب الحرير عديدا من الشحنات السلبية الصغيرة يصبح سالب التكهرب، فى حين أن ذرات قضيب الزجاج اذ تفقد هذه الوحدات السلبية بعينها تبدى رجحانا فى شحناتها الايجابيـة. ولكن لماذا لم يكن سريان الكهارب عكس ما قد حصل؟ لماذا لم تذهب الكهارب من الحرير الى الزجاج؟ إننا اذا رجعنا الى المثل القياسى الذى أوردناه فى مختتم الباب السابق تصوّرنا أن الذرات الموجودة فى الزجاج أعلى درجة فى السلم وأنها قادرة على اعطاء كهارب الى الذرات الموجودة فى الحرير. ويحدث هـذا عندما تكون الذرات شديدة التقارب أثناء عملية الدلك. ولكن اذا اخترنا مادة ذراتها أدنى فى السلم من ذرات الحرير، كأن

تكون مادة شمع الختم ، فاننا نستطيع أن نجعل الحرير يمد شمع الختم ببعض كهاربه . وفى هذه الحالة يصبح الحرير موجب التكهرب اذ أنه قد فقد بعض الكهارب .

وسيلاحظ القارئ أن الحالة الكهربائية للحرير تتوقف تماما على نوع المادة التى تدلك به ، فمركزه نسبى مع سواه ولكن لا يجوز لنا أن نظن من هذا أن اصطلاحى التكهرب الايجابى والتكهرب السلبى هما حالتان نسبيتان . بل يجب أن نوقر فى أذهاننا أن الجسم اذا كهرب إيجابيا فمعناه أنه فقد كهارب ، واذا كهرب سلبيا فمعناه أنه اكتسب كهارب . هذه حالات ثابتة وليست درجات لحالة واحدة . نعم ان لدينا درجات مختلفة من التكهرب الايجابى والتكهرب السلبى ولكن حالة الايجاب على نقيض حالة السلب تماما ففى احداها نقص فى الكهارب عن الحالة العادية للمادة وفى الأخرى زيادة فى الكهارب عن الحالة العادية للمادة ، وعندنا والحالة هذه صورة بيانية للحرير مكتسبا كهارب حين يدلك به قضيب الزجاج ، ومن جهة أخرى فاقدا كهارب عندما يدلك به شمع الختم ، وانى أشعر تماما بما يجده الرجل العادى من صعوبة فى لفظى تكهرب موجب وتكهرب سالب .

لما تناولت التطبيقات العلمية الكهربائية فى مؤلفات سابقة وضعتها لجمهور القراء تجنبت استعمال هذه الألفاظ ولكن لا يخفى أنه عندما نتناول الكهربائية باعتبارها علما يكون من الضرورة القصوى أن نتكلم عن الكهربائيتين السالبة والموجبة مالم نرجع الى استعمال الاصطلاحين القديمين ، وهما الكهربائية الزجاجية والراتنجية ، وأعتقد أن المرحوم لورد كلفن Kelvin كان يسره أن يرى هذه الألفاظ الاصطلاحية القديمة مستعملة لو كان ممكنا أن نحدث

مثل هذا التغيير العظيم . على أن تكرار استعمال كلمتى سالب وموجب يبدد الابهام بتاتا وأثق أن معنى اللفظين سيبقى واضحا وضوحا تاما بعد ما قيل فى هذا الباب وما سبقه من الأبواب .

ومما يلذ ؛ أن يكوّن الانسان صورة ذهنية محدودة عما نعنى بقولنا "تفريغ كهربائى" . ولعل أبسط طريقة لذلك هى أن نفكر فى التفريغ الذى يحدث فى أنبوبة فراغ قد خلخل هواؤها لدرجة عظيمة ، فهنا تنطلق الكهارب من المهبط أى الطرف المشحون بالكهربائية السالبة ، وعليه فالتفريغ الكهربائى هو تفريغ الكهارب. والعادة دائما أن الجسم الذى يحمل زيادة من الكهارب ، أى الجسم المشحون بالكهربائية السالبة هو الذى يفرغ الكهارب ، والتفريغ يحدث فى الحقيقة من السالب الى الموجب .

يذكر القارئ أن تيار الكهارب الطائرة فى أنبوبة كروكس سلكت بالضبط مسلك موصل يحمل تيارا من الكهربائية ، وقد انحرف التيار بتأثير مغناطيسى عادى مثل ما ينحرف سلك يحمل تيارا كهربائيا بتأثير مغناطيسى . فهل نفهم من هذا أن الكهارب المتحركة تكوّن تيارا كهربائيا ؟ هذا ما نعتقده. نعتقد أن التيار الكهربائى ليس إلا تيار كهارب .

ويمكننا أن نثبت بواسطة التجربة أن الكرات المتكهربة المتحركة تحدث كل خواص التيار الكهربائى . ونعتقد أن التيارات الكهربائية كلها هى كهارب فى حالة تحرك . فماذا يحدث إذن عند ما يسيل تيار كهربائى فى سلك من نحاس ؟ لنتصوّر ذرات النحاس محتشدة لزازا بعضها مع بعض حتى لا نستطيع أن نضغط الفلز ضغطا محسوسا . وواضح أنه كلما كانت الذرات أقرب بعضها الى بعض

كان أسهل على الذرة أن تعطى الى مايجاورها من الذرات كهربا قابلا للانفصال . ولنتصوّر كهارب هائمة فى باطن الفلز ، فاذا كنا نستطيع أن نستعمل قوة خارجية ما لإحداث سيل كهارب فى اتجاه واحد من ذرة الى ذرة حصلنا بذلك على تيار كهربائى. ولدينا عدة وسائل صالحة لدفع الكهارب الى الحركة وابقائها عليها . لقد مضى أكثر من قرن منذ استكشف الأستاذ ڤولتا (Volta) أحد أهالى پاڤيا (Pavia) بايطاليا أنه عند ما تمس قطعة من الخارصين قطعة أخرى من النحاس يصبح الخارصين موجب التكهرب لدرجة طفيفة جدا والنحاس سالب التكهرب فى مقابل ذلك . وتعليل ذلك بما علمناه من نظرية الكهارب أنه عند ما يتماس الخارصين والنحاس تنطلق بعض الكهارب من ذرات الخارصين وتحل على ذرات النحاس . وقد نتصوّر أن هناك ميلا طبيعيا فى ذرات الخارصين الى أن تعطى كهاربها الزائدة عن حاجتها الى ذرات النحاس ، ولكنها لا تفعل هذا حتى تقرب الذرات بعضها من بعض قربا نسبيا بوضع كتلتى الفلزين على حالة تماس بعضهما من بعض ، وتقصر ذرات الخارصين عن اعطاء الكهارب حين تكون ذرات النحاس قد جمعت من الكهارب ما يكفى لاحداث التوازن بينهما .

ومما يجدر ذكره فى هذا الصدد أن الخارصين مستعد جد الاستعداد دائما لاعطاء مقدار كبير من الكهارب القابلة للانفصال ، والمرحوم الأستاذ هرتز (Hertz) أحد أهالى كارلسروهى بألمانيا ، الذى وضع الأساس التى بنيت عليه التلغرافية اللاسلكية ، قد استكشف حقيقة أن الخارصين يخرج عن بعض كهاربه بتشجيع يسير جدا . أخذ لوحة من الخارصين وجعل ضوء القوس

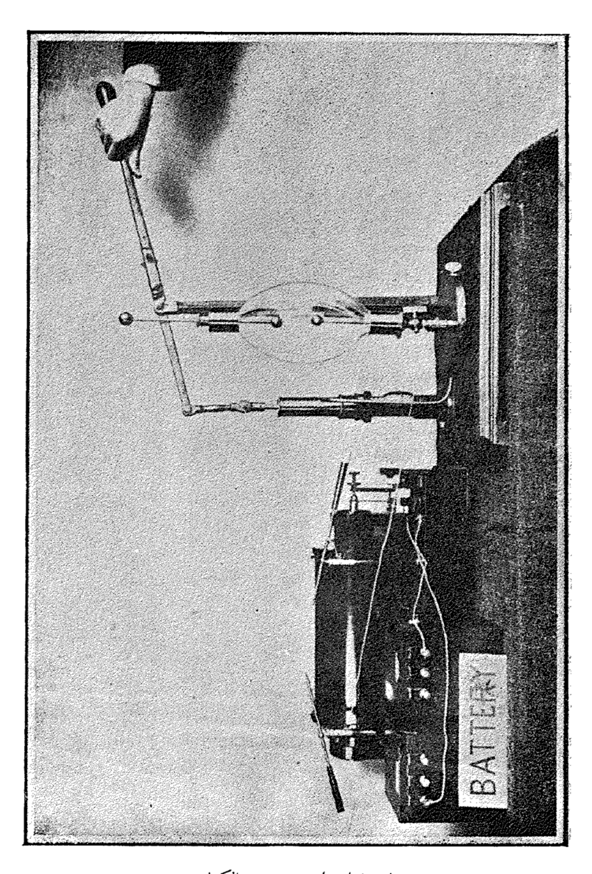
الكهربائى أو أى ينبوع آخر من الأشعة فوق البنفسجية[١] (Ultra Violet Rays.) يسقط عليها ، فبدت على الخارصين علائم تدل على أنه صار موجب التكهرب . ولما كانت اللوحة قد وصلت قبل ذلك باليكترومتر ، أى مقياس كهرباء حساس يبين كل تغير فى الحالة الكهربائية فى الخارصين ، فان فيما تبديه اللوحة الآن من شحنة ايجابية مايدل على أن هناك كهارب قد انطلقت منها وأن هذه قد تخلصت بفعل ضربات الضوء فوق البنفسجى . ومما تلذ معرفته أنه اذا نفخ الهواء على امتداد اللوحة فان الكهارب المطرودة تبعد ، متعلقة بجزيئات الهواء و يتبع ذلك امكان انفصال كهارب أخرى عن اللوحة بسهولة حتى تبدى لوحة الخارصين شحنة كهربائية موجبة بالغة . وقد نذكر لأولئك الذين يعرفون شيئا عن المقاييس الكهربائية أن هذه الشحنة تبلغ أحيانا درجة من الضغط تعادل ٣٠ ڤولتا (Volt) .

رأينا أن قطعة الخارصين تعطى كهاربها الزائدة عن حاجتها كلما حانت لها الفرصة لذلك . ولكن فى الحالات التى كنا بصددها بقيت الذرات ثابتة فى مواضعها الأصلية ولم تفعل سوى أن تجاوزت عن كهرب واحد زائد عن حاجتها أو كهربين . واذا فرضنا أننا نعطى الذرات فرصة الانتقال من مرساها نرى أنها تصير أشد ميلا الى التجاوز عن الكهارب . فاننا اذا وضعنا قطعة من الخارصين فى محلول قادر على اذابتها تخلص بعض الذرات من الفلز الصلب ، وهذه الذرات تخرج بسرعة عن كهارب ، بل الواقع أنها تبدو شديدة الرغبة فى أن تترك كهاربها القابلة للانفصال وراءها فى الفلز الجامد وتفتر بدونها فى المحلول .

---

(١) الضوء فوق البنفسجى معناه الضوء الذى هو فيما وراء اللون البنفسجى من الطيف الشمسى ، وهو أشعة لا ترى لها تأثير كيمياوى فعال كما سنبين فيما بعد .

وهذا السلوك المشاهد من جانب الذرات المتسربة يغير ظروف الأحوال السابقة تغييرا تاما ، فانه لما اكتفى بوضع لوحة الخارصين فى حالة تماس مع قطعة نحاس كانت ذرات الخارصين قادرة على اعطاء كهارب قليلة الى ذرات النحاس المجاورة ، ولكن لما يوضع الخارصين فى سائل مذيب فان الذرات المتسربة من الخارصين تترك كهاربها القابلة للانفصال وراءها بحيث تجمع لوحة الخارصين على عجل مقدارا زائدا على الحاجة من الكهارب ؛ ولهذا السبب تكون أقدر على اعطاء كهارب لذرات النحاس . ولنتصور قطعة من النحاس الصلب موضوعة فى المحلول المذكور بجوار الخارصين من غير أن تلامسها . الخارصين هنا تتجمع عليه الكهارب ، ولذا فاننا نقيم جسرا بينهما تسير عليه الكهارب الزائدة الى النحاس . ويتم ذلك بربط الطرف الخارجى من الخارصين بواسطة قطعة من سلك نحاس بالطرف الخارجى من لوحة النحاس ، ويمكننا أن نتصور أن ذرات الخارصين فى هذه الحالة تملك فرصة أخرى لاعطاء كهارب لذرات النحاس . فانه لما كانت ذرات الخارصين قد جمعت مقدارا عظيما من الكهارب القابلة للانفصال كانت تابعة فى الأصل لتلك الذرات التى تسربت الى السائل ، فان انتقال الكهارب بين الخارصين والنحاس يكون لهذا أشد نشاطا مما كان عند ما اكتفى بوضع الخارصين والنحاس فى حالة تماس . وسيتضح لنا أننا كلما أطلنا مدة التفاعل الكيمياوى ، و بعبارة أخرى ، مادامت ذرات أكثر تستمر على الانطلاق فى السائل وتترك الكهارب الزائدة عن حاجتها فان الذرات الباقية تكون أقدر على الاستمرار فى التوريد و يصبح هناك تيار مستمر من الكهارب فى السلك الواصل بين الخارصين والنحاس ، أى أنه يصبح هناك تيار كهربائى مستمر فى السلك . وقد نجعل السلك من الطول بحيث يصل الى جرس



طريقة احداث مجرى من الكهارب

ترى الى يسار الصورة بطارية وملف تأثير يدعو الى حصول تفريغ كهربائى بين ساقى النحاس الأصفر فى البيضة الزجاجية . والبيضة متصلة بآلة تفريغ هوائية وعند ما يفرغ منها الهواء يمر بين الساقين مجرى مستمر من الكهارب كما هو مشروح فى المتن .

كهربائى فى غرفة مجاورة . ثم يعود راجعا الى النحاس بحيث يتحتم أن يمر التيار فى الجرس الكهربائى قبل أن يأتى من الخارصين الى النحاس [١] .

لقد حاولنا أن نستبق فكرة إعطاء ذرات الخارصين كهارب لذرات النحاس ، وقد نستمر على هذا اذا تصورنا أن سلك النحاس هو امتداد للوحة النحاس . قد يكون فى الامكان امالة لوحة النحاس حتى يلمس طرفها الخارجى رأس لوحة الخارصين ، ولكن هذا لا يكون ملائما كالتوصيل بينهما بقطعة من السلك اللين . ولا يتحتم أن يكون هذا السلك من النحاس ، فقد يكون من الذهب مثلا أو الفضة أو الحديد ، ولذلك يحسن أن نتصور الذرات قائمة باعطاء كهارب قابلة للانفصال . وقد يفيدنا أن نعيد هنا مثلا أوردناه فى كتابنا الموسوم باسم "كهربائية اليوم" (Electricity of To day) .

هناك لعبة رأيت الأطفال يلعبونها ، نعيد ايرادها هنا كمثال لحالة التوصيل الكهربائى فى الفلزات : يقف الأطفال صفا طويلا ، وتوضع عند أحد طرفى الصف كومة من الأشياء — مثل عدد كبير من البنسات — وعند اعطاء اشارة متفق عليها يتناول الصبية قطع النقود بعضهم من بعض حتى تصل القطع الى الطرف الآخر من الصف فتلقى على الأرض وتجعل كومة . ولن يسمح لأحد من الأطفال بأن يتناول قطعة جديدة حتى يكون قد ناول القطعة السابقة الى الطفل الذى بعده ، ويجب أن تكون هذه الحركة فى وقت واحد على امتداد الصف . ويقف صف آخر من

(١) لانستطيع أن نتريث هنا لنبحث فعل التيار الكهربائى فى الجرس ، وقد سبق لى أن شرحت تطبيق ذلك من الوجهة العملية فى كتابى الموسوم "كهربائية اليوم" .

الأطفال عددهم عدد الصف السابق موازيا للصف الأول ويعد لهؤلاء عدد من قطع العملة المذكورة مساوٍ بالضبط لعددها الأول. ويفعل هذا الصف مثل ذاك واللعبة بطبيعة الحال بمثابة سباق بين الصفين المتوازيين الناجح فيها من يستطيع أن ينقل مقدار النقود جميعها بالطريقة المذكورة من أحد طرفى صفه الى الطرف الآخر فى أقرب وقت . ولا يهمنا فى مثلنا الا صف واحد فقط من هؤلاء الصبية . فلنتصوّر أن الصبية يمثلون الذرات الموجودة على طول قطعة من السلك الفلزى ، فكل ذرة تناول ما بعدها كهربا وتتناول كهربا بدله مما قبلها فى الصف . ولأجل ايضاح التشبيه نفرض أننا بدأنا اللعبة وفى يد كل طفل قطعة من العملة بحيث أنه فى اللحظة التى تعطى فيها الاشارة ، تمثيلا لاغلاق الدائرة الكهربائية ، تجرى عملية الانتقال كاملة فى وقت واحد على امتداد الخط . وبدلا من وجود كومة من قطع العملة عند أحد الطرفين يصح أن نرتب الأطفال على شكل دائرة ونعطى كلا منهم قطعة من العملة حتى تمر القطع فى الدائرة مرة بعد أخرى . هذا هو ما نفهمه من الدائرة الكهربائية الكاملة ، اذ تعمل بطارية أو دينامو عمل المضخة فى الدائرة الكهربائية . وقد تقطع الدائرة الكاملة ، وعندئذ لا يكون هناك مرور فى الكهارب .

الترتيب الأول فى اللعبة التى جعلنا فيها الصبية واقفين صفا واحدا يشابه الى حد ما ما يسمى بالتوصيل الأرضى فى المسائل الكهربائية ، فقد استمر الصبى الأول يلتقط قطع العملة واحدة بعد أخرى ويمر بها على استقامة الصف والصبى الأخير يودعها سطح الأرض ويقيم منها كومة عند تسلمها ، وكذلك نتصوّر الذرة الأولى الموجودة عند أحد طرفى السلك المغروس فى الأرض فانها تتناول الكهارب واحدا فواحدا وتناولها على امتداد السلك . والذرة الأخيرة

الكائنة على الطرف الآخر تودع الأرض هذه الكهارب. ولا شك أننا فى هذه الحالة نقدّر أيضا وجود بطارية أو دينامو عاملة عمل المضخة وأنه ليس عندنا صف بسيط من الذرات ، بل ما لا عدّ له من الذرات عاملة كلها فى وقت معا .

وعند ما تمر الكهارب من ذرة الى ذرة تصادف عوائق فى طريقها ، وربما أمكن تبسيط الموضوع بالمثل الآتى : كنا ونحن فى المدرسة أحيانا نكوّن دائرة من الصبية فوق ميدان كرة الكريكيت ونتسلى بإمرار الكرة لكزا بالقدم من واحد الى واحد بسرعة حول الدائرة. ولاشك أن الكرة تلاقى فى أثناء ذلك من أرجلنا عائقا مفاجئا لدن كل خطوة أمامية. هذا النوع من الممانعة فى مرور الكهارب هو ما نسميه المقاومة الكهربائية (Electrical Resistance) واذا لم يكن من الصعب أن نتصوّر طائفة من لاعبي هذه الكرة أمهر من غيرهم فى امرار الكرة حول الدائرة بحيث تمر الكرة فعلا بسهولة أكثر منها فى الدائرة الأولى ، فكذلك نجد ذرات بعض الفلزات أقدر على امرار الكهارب من ذرات فلزات أخرى ، ولذا نصف الأولى بأنها موصلات كهربائية جيدة والأخرى بأنها موصلات رديئة وقد نسميها مواد عازلة (Insulators). والواقع أن الفلزات جميعها موصلات جيدة وان كان منها ما هو أحط من غيره فى هذه الصفة بالقياس الى سواه ، والكهارب مثلا فى مرورها فى سلك من الحديد تلقى مقاومة تعادل ستة أمثال ما تصادفه أثناء مرورها فى سلك من النحاس من حجم مساوٍ للأول . فاذا أردنا أن يحمل سلك من حديد تيار الكهارب من بلد الى بلد فلا بدّ لنا أن نستخدم من الذرات عددا أكبر مما يحتاج اليه الأمر اذا نحن استعملنا له سلكا من النحاس ، ولذا فان سلك التلغراف اذا كان

من الحديد يكون أغلظ بكثير من سلك النحاس ، ولذلك يرى الفرق بين السلكين ظاهرا جدا عند ما يكونان معلقين على أعمدة التلغراف . وقد جرت العادة حتى وقت قريب باستعمال أسلاك الحديد لخطوط التلغراف . أما التليفون فيستعملون له أسلاك النحاس ، ولذا فإنه من السهل على الانسان وهو مار فى الطرق الريفية أن يتبين أسلاك التلغراف الحديدية الثقيلة .

واذا تصوّرنا بطارية عاملة عمل مضخة تدفع الكهارب على امتداد السلك الموصل لوحة الخارصين بلوحة النحاس فمن الواضح أنه كلما كان هذا الجسر الموصل أطول كانت المقاومة التى تلقاها الكهارب أكثر . فاذا كان عندنا خط تلغراف طويل نريد استعماله بمثابة جسر لمرور الكهارب فلا بدّ لنا من استعمال ضغط أكبر مما يمكن الحصول عليه من عمود كيمياوى (Chemical Cell) واحد مثل الذى نحن بصدده ، ولذا فقد نجمع عددا من هذه الأعمدة معا ، وبهذه الطريقة نزيد "الضغط" . وهناك طريقتان لجمع هذه الأعمدة : احداهما أن تصل خارصين عمود بخارصين عمود آخر ، ونحاس هذا بنحاس ذاك ثم خارصين عمود ثالث بخارصين العمود الرابع ، وهلم جرا . ولكن هذا لا يزيد الضغط . نعم ان اتحاد الخارصين يهيىء فعلا مقدارا أكبر من الكهارب ، ويمكننا أن نحصل بهذه الواسطة على تيار أعظم ولكن جيش الكهارب المتضخم لن يحصل بذلك على باعث أقوى لدفع الكهارب القابلة للانفصال ، بل يقتصر الأمر على أن تضيف كل لوحة من الخارصين نصيبها العادى من الكهارب الى السيال المشترك . ولكنا اذا وصلنا خارصين عمود بنحاس العمود المجاور ، وخارصين العمود الثانى بنحاس العمود الثالث وهكذا : الخارصين بالنحاس والخارصين بالنحاس ، حصلنا على نتيجة مختلفة اختلافا كليا . اذا تصورنا الخارصين الأول ينقل

ما يجمع من كهاربه على امتداد الجسر السلكى الى النحاس فى العمود الثانى والنحاس ينقل هذه الكهارب خلال السائل الى الخارصين القائم فى العمود نفسه فانه لايقتصر هذا الخارصين الثانى على حيازة ما يتجمع عليه من كهاربه الخاصة به؛ بل ومثل عددها من الكهارب التى مرت اليه من العمود الأول . فى هذه الحالة يحدث فى العمود الثانى ضغط أكبر من الكهارب المتراكمة على خارصينه . وكلما أضفنا عمودا الى عمود بهذه الطريقة نستمر فى زيادة الضغط على امتداد الجسور الموصلة . وفى الحالة الأولى التى يقال للأعمدة فيها إنها موصولة على التوازى (in parallel) يكون الضغط منخفضا ضعيفا ، ولذلك نحتاج الى سلك غليظ لنقل هذا التيار العظيم . على أنه يمكن أن ينقل سلك أرفع نفس هذا التيار اذا نحن وصلنا الأعمدة على التوالى (in series) كما فى الحالة الثانية . ويمكننا أن نتبع هذه الطريقة بالنسبة الى أنبوبة ماء أضيق تجويفا اذا زدنا ضغط الماء . وهنا نقطة أخرى ذات شأن ، فاننا اذا زدنا الضغط المائى الى أى حد كبير فلا بد لنا أن نزيد سمك أنبوبة الفلز وإلا فان الماء ينفجر . وبالطريقة عينها يجب علينا أن نزيد درجة عزل السلك الذى يحمل تيارا كهربائيا عالى الضغط.

ويحدث فى حالة السلك الحامل تيارا كهربائيا عالى الضغط أن يكون الجو بمثابة عازل جيد جدا ، ولكن يجب علينا ملاحظة أن تكون حوامل الأسلاك أجود عزلا مما تتطلبه الأسلاك التى تحمل تيارا منخفض الضغط . والزجاج والفالكانيت والصينى عازلات جيدة ، اذ أن الكهارب تلاقى مقاومة عظيمة فى محاولتها المرور خلال هذه المواد . على أننا نعتبرها فى جميع الأغراض العملية قادرة على أن تسد طريق الكهارب سدا تاما . أما اذا أجبرت الكهارب على تخللها بواسطة ضغط شديد كالذى يحدث من ملف

تأثير (Induction Coil) كبير جدا فإن مرور الكهارب قد يصدع الزجاج .

ولقد رأيت فى المعهد الملكى بلندن كتلة من الزجاج سمكها ثلاث بوصات قد كسرها تفريغ كهربائى حادث من ملف تأثير كبير إذ ثقبت قطعة الزجاج من جانب لآخر ، ولم يكن الثقب مجرد ثقب دبوس بل كان كأنما قد حدث بفعل آلة . وهذا ما يحدث فى زجاج الكوارتز . واذا استعمل الزجاج الصوانى يحدث كسر تام فى الكتلة . وأذكر أننى رأيت سير أوليفرلودج فى معمل المرحوم لورد كلفن يكسر كوبة سميكة من الزجاج بفعل تفريغ كهربائى شديد .

بحثنا فى الجزء المتقدّم من هذا الباب فعل العمود الكيمياوى الذى تتألف عناصره من لوحة من الخارصين وأخرى من النحاس . ومع أن هذا العمود ليس هو الشكل الشائع اليوم فانه يبين لنا المبادئ العامة التى ينبنى عليها فعل جميع البطاريات . وهناك نوع من البطارية شائع اليوم جدا فى الاستعمال ، وهو عبارة عن قطعة من الخارصين وأخرى من الكربون منغمستين فى محلول مخفف من ملح النوشادر (Sal-Ammoniac) وليس الغرض الذى نحن بصدده أن نبحث الترتيبات العملية لأعمدة مختلفة بل لنبحث الآراء العلمية الخاصة بفعل الأعمدة .

والخلاصة أننا رأينا أن الشحنة الكهربائية ليس معناها الا تراكم كهارب على جسم يقابله نقص فيها على جسم آخر . وقد نكون عجبنا فى وقت ما حين نرى أنه اذا دلك جسمان بعضهما ببعض كانت الشحنة التى على أحد الجسمين مساوية بالضبط ومضادة للشحنة التى على الجسم الاخر . والمسألة بسيطة جدا ،

اذ النتيجة لا يمكن أن تكون خلاف ذلك. وبيانه أن أحد الجسمين قد فقد مقدارا معينا من الكهارب والجسم الآخر قد اكتسب نفس هذا المقدار . وما التفريغ الكهربائى الا تفريغ كهارب من جسم الى آخر .

ورأينا أيضا أن التيار الكهربائى ليس الا تيارا من الكهارب . ولكن مما يؤسف له أننا اعتدنا أن نتصوّر هذا التيار جاريا فى الاتجاه المضاد للاتجاه الذى تدل نظرية الكهارب على أن التيار الحقيق يجرى فيه . إن سريان الكهارب يكون من النقطة التى يحدث فيها التراكم ، أو بعبارة أخرى من الطرف السالب ، الى نقطة النقص التى هى الطرف الموجب . وقد اعتبرنا التيار دائما يجرى من الموجب الى السالب ، ولكنّ خطأنا نشأ من أن الكهربائيين المتقدمين كانوا يطلقون كلمتى موجب وسالب على نقيض الحالتين كما شرحنا . ومع ذلك فإننا ما دمنا نراعى أن تيار الكهربائية السالبة — أى تيار الكهارب الذى نحن بصدده — فلن يكون هناك سبب للبس .

واذا كانت نظرية الكهارب صحيحة ، وهى الى الحد الذى وصلنا اليه فيها تبدو صحيحة فقد حصلنا بها على صورة واضحة وضوحا كافيا لمعنى الشحنة الكهربائية والتيار الكهربائى(١) . ولكننا لم نجب حتى الآن عن ماهية الكهربائية ؟ — وما دمنا لم نجب على هذا

(١) لما نفكر فى التيار الكهربائى ونقول إنه مسبب عن سير الكهارب من ذرة الى ذرة على امتداد موصل يجب ألا نتصور أن الكهارب تندفع اندفاعا فجائيا . فقد يكون معدل سرعة السير بطيئا بحيث يكون كذا ياردات فى الساعة . ففى الفلز تكون هذه الكهارب القابلة للانفصال حرة فى الانتقال متخبطة هنا وهناك من ذرة الى ذرة بحيث يمكن تصور استعمال القوة الكهربائية بأنها محدثة تيارا بطيئا منتظما من هذه الكهارب الهائمة من ذرة الى ذرة على امتداد الموصل .

السؤال فانه لا يمكننا أن نعرف ماهية الكهرب. والآن لا نعرف من أمره الا أنه شحنة سلبية من الكهربائية .

ويلوح وجيها جدا أن نزعم أن الكهرب يلزم أن يكون مظهرا من مظاهر أثير الفضاء كحلقة صغيرة أو كدوامة فى الأثير وأن الكهربائية الموجبة لا بد أن تكون مظهرا آخر من مظاهر هذا الوسط الذى يتخلل كل شىء ، بيد أن هذه الأفكار كلها فرضية .

ولكن قبل المضى لنرى أى ضوء جديد تلقيه نظرية الكهارب على الظواهر الأخرى يحسن بنا أن نكون على علم بالفكرة الخاصة بذلك الوسط الذى يملأ الفراغ ، أى الأثير .

الباب السادس

ما هو الأثير ؟

وجود وسط يتخلل كل الأجسام — الاضطرابات الموجية فى الماء ، والهواء والأثير — اختلاف الأمواج فى الأثير — الضوء والظلمة — الحرارة لا تنتقل من الشمس — ما هذا الذى ينتقل ؟ — تحولات — اختراع فكرة الأثير — أول استقبالها — لا بد من وجود وسط — بيان وجوده — ليس مادة عادية — رأى منديليف — نظرية محتملة للمستقبل — تحليل أمواج الأثير — الأشعة السينية — الأمواج اللاسلكية — سرعة الأمواج الأثيرية — السرعات الثابتة — المجالات التى فى الأثير .

ما يتناول الانسان كتابا فى العلوم العصرية يبحث الأشياء من جانبها الفوسيقى إلا و يجد فيه باستمرار اشارات الى أثير الفضاء . ولا بد أن ينشأ اذ ذاك سؤال طبيعى جدا فيقال : ما هو هذا الأثير ؟[1]

ليست فكرة وجود وسط يتخلل الأشياء كلها من أضغاث الأحلام أو مجرد تخمين . فاننا اذا درسنا الحقائق المشاهدة اضطررنا الى التسليم بحقيقة وجود الأثير ، ولذا فان العالم بالطبيعيات الرياضية[2] يثق بوجود الأثير ثقته بوجود نفسه ، اذ يكون من الخطل الواضح ، بالرغم من كل ما وعى كتاب جون ستوارت ميل (John Stuart Mill) من المنطق أن يتصور الانسان جسما يؤثر فى جسم آخر ما لم يكن هناك وسط ما متدخل بين الجسمين . ولنضرب مثلا بسيطا لذلك : تصور

---

(١) تكلم المؤلف عن أن هجاء كلمة أثير المراد هنا كهجاء كلمة أثير الذى هو المادة المصنوعة من الكحول والتى تستعمل بدل مادة الكلوروفورم . ورأى منعا للبس فى أول الأمر على الأقل ، أن يكتبها Æther بدل Ether وقد ضربنا صفحا عن نقل الفقرة الخاصة بذلك فى الكتاب .

(٢) ترجمة Scientist تفريقا بينها و بين Naturalist وكلمة Learned-man التى هى "عالم" فقط وليس الفرق بخاف بين هذا وذاك (المترجم)

رجلين سابحين فى بركة ماؤها ساكن ، وأن أحدهما قد أحدث طائفة متسلسلة من الأمواج فى الماء حتى وصلت الى رفيقه ولفتت نظره . الملاحظ أن لا شيء فى الحقيقة مرّ من أحدهما الى الآخر وانما أثير الوسط المتدخل بينهما . وبهذه الطريقة أثر أحد الجسمين فى الآخر ، وان كان الثانى على مسافة ما منه . لم ينتقل الماء من واحد الى آخر وانما الذى انتقل هو الاضطراب الموجى لا غير .

ولنضرب مثلا آخر : تصوّر أن ناقوس كنيسة يدق فى برج بعيد فى سكون الصباح . فالناقوس وان كان مثبتا فى مكان معين ، يؤثر فى الجهاز السمعى من الناس على مسافة بعيدة . لا ينتقل من الناقوس شيء الى سامعيه البعيدين ، وانما هو يثير الوسط المتدخل أى الهواء ، والهواء المهتز يثير بدوره طبلات الآذان من سامعيه . فالاضطراب الموجى اذن هو الذى تنقل لا سواه .

ولنضرب مثلا آخر يقربنا من النقطة التى نريد أن ندركها : تصور ليلة مظلمة موحشة من ليالى الشتاء ترى فيها منارا عظيما يشع نوره لإرشاد البواخر القادمة . فى هذه الحالة يؤثر مصباح المنار فى عينى الملاح البعيد . هذه الحقيقة عادية لا تستوجب الاشارة اليها ، ولكنها مع ذلك عجيبة ، اذ لم ينتقل شيء عبر المسافة الواقعة بين المصباح والعين وانما انتقل الاضطراب الموجى فى الوسط المتدخل . فأى وسط متدخل هو ؟ حقا إنه ليس بالهواء ، فان هناك زوبعة سرعتها خمسون ميلا فى الساعة تحث السير مارة وراء المنار ، ومع ذلك فموجات الضوء لم يصبها اضطراب بحال . ولو كانت الموجات موجات صوت لتأثرت حقا بفعل الريح الثائرة . اذن فلا بد أن يكون هناك وسط آخر خلاف الهواء ، وهو الوسط الذى أطلقوا عليه اسم "أثير" . فلنتصور مصباح المنار ينير الأثير المحيط ويبعث سلسلة

من الأمواج فيه . هـذه الأمواج تسير الى الملاح البعيد وتحدث فى مخه احساسا خاصا،وذلك بتأثيرها فى عينيه . وفى جميع الأحوال التى تخطر على البـال يؤثر الجسم فى الجسم البعيـد باثارة وسط ما متدخل بينهما .

ومن غرائب الحقائق أن من أنواع الموجات الأثيرية ما يحدث نتائج تختلف اختلافا تاما عنها فى غيرها . فالشمس وهى بعيدة جدا تثير أمواجا معينة من الأثير وتسقط على أعيننا وتؤثر فى جهاز حاسة البصر منا . وتثير الشمس أيضا نوعا آخر من الموج الأثيرى [1] اذا سقط علينا أحمى أجسامنا وكذا جميع الأشياء التى تقع عليهـا الأمواج . فالأثير ينقل كلا هذين الاضطرابين فى وقت معا . أمواجا ضوئية وأمواجا حرارية .

ولا يقتصر أمر الأثير على أداء هذه المهمة المزدوجة ، بل لا بد له أن يحمل أيضا الأمواج التى يبعثها مرسل التلغراف اللاسلكى ، وهذه الموجات الكهربائية عبارة عن اضطرابات كبيرة فى الأثير. ومن السهل أن يتصل الانسان بواسطتها بالسفن السابحة فى عرض البحار بشرط أن تكون فى هذه السفن مستقبلات لاسلكية تتأثر بهذه الموجات الأثيرية. على أن كل ما يحتـاج الى ملاحظة فى الوقت الحاضر هو النتائج المختلفـة التى تحدثها أمواج الأثير . يجب علينا أن نضع نصب أعيننا حقيقة أن الضوء والحرارة لا ينتقلان الينا من الشمس وانمـا الأمواج الأثيرية هى التى تحدث هذه الآثار. ومما يؤسف له أن هذه الأمواج الأثيرية قد سميت "الضوء" و "الحرارة" فان هذه التسمية تؤدى حتما الى اللبس والارتباك . ولقد حاولنا أن نصلح الأمور قليلا بتسميتنا الأمواج الأثيرية التى

(١) سنرى فيما بعد أن جميع الأمواج الأثيرية من طبيعة واحدة ولكنها تختلف فى أطوالها الموجية .

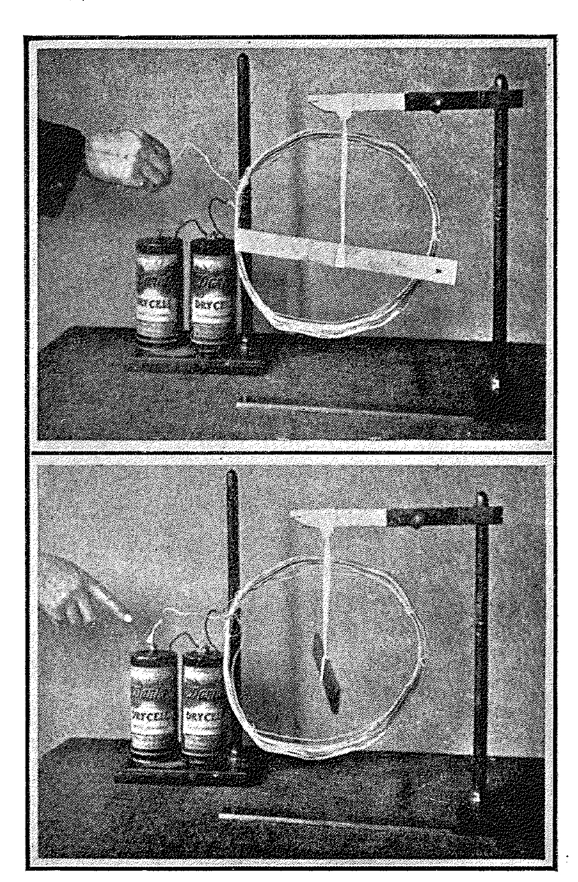
تحدث الحرارة ، الحرارة الاشعاعيــة . ولكنا لم نحـاول البتة أن نغير تسمية الأمواج الأثيرية التي تحدث الضوء باسم مناسب ، بل لا نزال نسميها "الضوء" وهـذا يدعونا الى اسـتعمال تعبيرات غريبة ، اذ أن كثيرا من هذه الأمواج الضوئية لا يؤثر فى أعيننا ، ولذا فنحن نسمى هذه الأمواج الخاصة "الضوء غير المنظور" ومن جهة أخرى فاننا قد اعتدنا بالطبيعة أن نربط الضوء باحساسنا البصرى .

لنفرض ان لدينا آلة فوتوغرافية عادية مهيأة فى حجرة تصوير ، والغرفة مضاءة اضاءة زاهيــة بواسطة مصباح القوس الكهربائى وأن أمام العدسة ستارا أو غطاء مصنوعا خصيصا لذلك ، وهذا الستار يحجب كل الضوء العادى ، أى الضوء المنظور . فاذا وضع الناظر رأسه تحت قطعة القماش المركزة . التي تستعمل عند ضبط الصورة فى البؤرة ، ليفحص الصورة فإنه لا يرى شيئا على لوحة الزجاج المخشن "المسنفر" إذ ليس فى الآلة الا ظلام دامس ، غير أنه يمكن أخذ صورة فوتوغرافية فى هذا "الظلام الحالك" : أجلس انسانا بالطريقة المتبعة لتصويره وغيّر لوح الزجاج المسنفر ، وان لم تشاهد عليه أثر شبح الجالس مطلقا ، بلوح فوتوغرافى حساس عادى . وبعد تعريضه خمس دقائق اغسل اللوح لاظهار الصورة تجد عليه صورة الذى جلس ، وتكون النتيجة حسنة بالقياس الى مدة الزمن التي قضاها المرسوم فى الجلوس على حالة واحدة ثابتة أثناء مدة التعريض ، جلىّ من هذا أن ضوءا غير منظور قد دخل صندوق الآلة فعلا ، وأن هذا الضوء مع عدم تأثيره فى جهاز حاسة النظر منا قد أثر فعلا فى المواد الكيمياوية التي على اللوح الفوتوغرافى كما يؤثر الضوء العادى تماما . هذا الضوء غير المنظور يسمى فوق البنفسجى ، إذ أنه وراء الطرف البنفسجى من الطيف الشمسى عند ما يحلل الضوء بواسطة منشور من الزجاج .

الغرض الذى نحن بصدده هنا هو بيان أن كل ضوء غير منظور ، بمعنى أنه لا يمكن أن يرى . منذ بضع سنين ظهر كتاب شائق بعنوان "الضوء المنظور وغير المنظور" وكنا نفهم من هذين النعتين معنى خاصا ، اذ معناهما عندنا : الضوء الذى يؤثر فى أبصارنا والضوء الذى لا يؤثر . واذا كنت تستطيع أن تنظر الى الضوء دون أن تسمح لأمواج أثيره أن تدخل الى عينك فانك واجد فعلا أنه غير منظور، ويلوح هذا الضوء مثل الظلام تماما . نعم إنك اذا جلست فى غرفة تامة الظلام وسمحت لحزمة من أشعة الشمس أن تدخل من فتحة فى مصراع نافذة فانك ترى طريق الحزمة ، ولكن هذا ناشئ من أن ذرّات الهباء الهائمة فى الهواء تعكس الأمواج صوبك . واذا كان الهواء خاليا تماما من الهباء فانك لا ترى طريق الحزمة الشعاعية عبر الغرفة . ويمكننا أن نجرى هذه التجربة على نطاق واسع جدا . فاننا اذا جعلنا الشمس ينبوع الضوء وظل أرضنا بمثابة الغرفة المظلمة ، فانه يمكننا فى أى ليلة خالية من السحاب أن ننظر فى الفضاء العظيم . هذا الفضاء ممتلئ دائما بأمواج أثيرية من الضوء المرسل من الشمس فى جميع الجهات ، ولكنا لا نرى هذه الأمواج . بعضها يقع على كوكب بعيد جدا ثم ينعكس منه نحو الأرض ، وعندما تدخل أمواج الأثير فى نواظرنا نقول إننا نرى ضوء الكوكب . يخيل الىّ أن معنى منظور وغير منظور قد أصبح واضحا فكل أمواج الأثير فى ذاتها غير منظورة ، اذ أن الأثير نفسه غير منظور . وسنرى فيما بعد أن مقدارا قليلا جدا من أمواج الأثير هو الذى يؤثر فى العين .

يجب أن نذكر أننا عند ما نقول عن الضوء إنه يأتى من الشمس الى أرضنا فى ثمانى دقائق تقريبا لا نعنى بهذا حدوث انتقال فعلى

لشيء من مكان الى مكان ، بل مجرد اضطراب موجى فى الوسط المتدخل . ولعلنا نزيد المسألة وضوحا اذا تناولنا بالبحث الأمواج الأثيرية للحرارة الإشعاعية التى تبعثها الشمس والتى تتصيد أرضنا بعضا منها . لقد اعتدنا أن نعتبر أن الحرارة تسرى فى جسم وتنتقل من جسم الى آخر بواسطة مادته بحيث يشق علينا فى أول الأمر أن نخرج ذلك من أذهاننا عند ما نفكر فى الشمس والأرض. إن المسافة الواقعة بين الشمس والأرض غير مسخنة . بل الحادث هناك هو مجرد اضطراب أثيرى . تصوّر أن الجسيمات التى تتألف منها الشمس فى حالة هياج شديد أى اهتزاز ، وان هذه الجسيمات المهتزة تثير الأثير ، وهذا الفعل يحدث كما سترى فيما بعد بواسطة خطوة متوسطة، بيد أن هذا لا يهمنا فى الوقت الحاضر ، وانما نكتفى بتصور جزيئات الشمس المهتزة باعثة سلاسل من الموج فى الأثير، وأن هذه الأمواج تسير مطردة خلال محيط الأثير العظيم ، ويقع من هذه الأمواج بطبيعة الحال شيء على كوكبنا الصغير الذى هو فى الواقع لا يعدّ فى الكون الا ذرّة . عند ما تقع هذه الأمواج على أى مادة تبعث على الفور فى جزيئاتها حالة تحرك اهتزازية فتحدث الحالة التى نسميها الحرارة . وسيلاحظ القارئ أن قد حدث نوع من التحوّل المادى فعلا ، اذ أن جسيمات المادة المهتزة تستدعى اضطرابا أثيريا يتحوّل مرة أخرى على مسافة بعيدة الى الحركة الاهتزازية فى جسيمات مادة أخرى . وجلىّ أنه عند ما نتكلم مع أحد معارفنا فى بلدة أخرى بالتلفون لا ينتقل صوت من البلدة الى البلدة ، بل إن الصوت الذى يحدثه المتكلم يسيطر على تيار كهربائى يجرى الى المحطة البعيدة، وهناك يستحث على الحركة قرصا رقيقا من الفلز، وهذا يدعو الهواء المحيط الى الاهتزاز وترجيع



ملف من السلك يحمل تيارا كهربائيا يعمل عمل المغناطيس .

فى الصورة العليا لا تكون البطارية متصلة بالملف وعندما تتم الدورة يدور المغناطيس الفولاذى حول نفسه و يبق على زاوية قائمة مع الملف كما فى الصورة السفلى .

الصوت البعيد المسيطر . وكما أنه لا يمر صوت بين المكانين المتباعدين لا تمر حرارة بين الشمس والأرض . فى كلتا الحالتين يحدث تحوّل حقيقى وتوليد جديد .

لا يرفض المبتدئ فكرة الأثير الا فى أول الأمر ، فهو يرى اذ ذاك أنه رجم يشبه التحدّث عن سكان القمر ، وأن علماء الطبيعيات الرياضية انما اخترعوا فكرة الأثير لتساعدهم على الخروج من المآزق الحرجة . وهم يسلمون بهذه التهمة لأن فكرة الأثير من مولدات فيلسوف دانيمركى عظيم يدعى هوجنس (Huygens.)[1] منذ أكثر من مائتى سنة لشرح ظاهرة الضوء . على أن نظرية نيوتن (Newton.) الأكثر مادية كانت فى ذلك الزمان أكثر شيوعا ، حتى أنه لما استصوب الفيلسوف الأصيل الدكتور توماس يانج (Dr. Thomas Young.) اللندنى هذه النظرية ودرسها درسا دقيقا لم يلاق من العلماء الا تشجيعا طفيفا . ويلذ الانسان أن يرجع الى عدد قديم من أعداد مجلة ادنبره (The Edinburgh Review.)[2] ويرى كيف أنهم طعنوا فى آراء يانج وسخروا منها (انظر الملحق الثالث صفحة ٣٠١) ومن العجب أن تبلغ قلة تصديق الناس لرأى يانج فى الأثير أنه لما نشر رسالته للرد على المطاعن التى وجهت اليه فى المجلة المذكورة لم يشتر الجمهور الا نسخة واحدة .

ولذلك لا نلوم رجل اليوم الذى لم يتبع مجرى العلوم الطبيعية الحديثة ، اذا هو استعصى عليه أن يقبل قولا جريئا مثل هذا عن وجود الأثير . قد يقول إنه مجرد نظرية له أن يؤمن بها أولا

(١) اخترع القدماء قبل هذا التاريخ بوقت كبير أثيرات لتسبح الكواكب فيها ولتساعد الفلاسفة القدماء حقا على الخروج من المآزق ، ولكن الأثير كما نسلم به الآن حدده هوجنس فى نهاية القرن السابع عشر .

(٢) صفحة ٩٧ من المجلد الخامس سنة ١٨٠٤

يؤمن كما يحلو له ، ونحن نوافقه تمام الموافقة ولكنا فى الوقت نفسه لا نتردّد عن سؤاله : هل يعتقد أن الأرض تجرى حول الشمس ؟ فهذه أيضا نظرية . بل هى فوق هذا نظرية توضح عددا من المشاهدات الفلكية المعروفة . وكذلك الأمر فى نظرية الأثير فانه لا يتيسر تفسير عدد كبير جدا من الأمور تفسيرا ترتاح اليه النفس الا على افتراض وجود الأثير . حينما يشاهد امرؤ ذو ذكاء عادى لعبة خيال الظل القديمة يذهب منه نظره على الفور الى أن سواعد اللعب وأرجلها انما تجرّها الى الأعلى خيوط ، أو فتلات مربوطة بها أو شيء آخر وان كان لايستطيع أن يرى شيئا من هذه الوسائط . إن الادراك العادى يحمله على القول بأنه لا بد من وجود وسيط ما للاتصال . واذا نحن نظرنا الى مغناطيس يجذب نحوه ابرة أو مفتاحا كبيرا كما ترى عند صفحة ١٤٧ من هذا الكتاب فان الادراك العادى نفسه يشعرنا بأنه لا بد من وجود وسط ما للاتصال . والواقع أنه اذا بحث انسان هذا الموضوع جدّيا فهو مضطر الى قبول نظرية وجود أثير يتخلل كل الأجسام ، فالطفل فى غرفة لعبه يعلم أنه اذا أراد حصانه الخشبي الصغير أن يتبعه فى جولانه باللعب فلا بد أن يجعل بينه و بين اللعبة خيطا أو أى واسطة اتصال أخرى ، وكذلك يتعلم العقل الباحث أن أى قطعتين من المادة لا بد أن يكون بينهما وسط متدخل قبل أن تؤثر احداهما فى الأخرى . حقا ليس فى الوجود شيء مما يقال له حيز خال . فقد تخلى كرة زجاجية مما يكون بها من الهواء والهباء وكل صنوف المادة بمفرغة الهواء الزئبقية ولكن لا تكون الكرة الزجاجية بعد ذلك خالية لأنها لا تزال مملوءة بالأثير . فانه اذا كان فى الكرة جرس كهربائى فاننا نستطيع أن نحثه على الدق بأية درجة من الشدّة نريدها ، ومع ذلك فانه لا يستطيع أن يؤثر فى آذاننا ، لأن وسط التوصيل فيما بيننا ، أى الهواء ، قد أخرج .

ولكن اذا كان لدينا فى الزجاجة مع الجرس الكهربائى مصباح كهربائى صغير ، وكنا نجرى التجربة فى الظلام ، فاننا لا نكاد نطلق تيار الكهرباء فى المصباح من الخارج حتى ندرك أن المصباح متوهج : يؤثر المصباح فى أعيننا فى حين أن الجرس لا يؤثر فى آذاننا . فظاهر من هـذا أننا لم ننجح فى اخراج الواسطة التى يعمل المصباح عمله خلالها لأن كرة الزجاج على خلوها من المواد العادية لا تزال مملوءة بالأثير، وهذا الأثير حقيق كالهواء الذى نتنفسه .

كون الأثير يتخلل جميع المواد أمر واضح جدا ، لأنه لا يقتصر على نقل الضوء من الشمس بل يأتى به من النجوم عبر ملايين من الأميال، وعليه فلا بد أن تكون كرتنا الأرضية سابحة فى الأثير.

تصوّر نيزكا يقترب من الأرض آتيا من الفضاء البين النجوم، فبمجرد دخول النيزك الحدود العليا لجونا تصبح المـادة التى يتكوّن منهـا جسم النيزك فى درجة الحرارة البيضاء . وهـذا ناشئ عن الاحتكاك العظيم الحادث بين النيزك وجسيمات الهواء، وهو فى ذاته أمر عجيب، لأن جسيمات الهواء عند ذلك العلو تكون قليلة قياسا ومتباعدة بعضها عن بعض ، بيد أن النيزك سـائر بسرعة عظيمة قد لا تقل عن ألف ميل فى الدقيقة . وأرضنا تجرى بنفس السرعة تقريبا خلال الأثير فى رحلتها الدائمة حول الشمس ، ومع ذلك لا نجد أن الأثير الذى تسبح فيه يحدث أية مقاومة ، وان كانت هناك مقاومة فلا بد أن تكون من الصغر بدرجة ضعيفة جدا، لأنها لم تحدث فى كوكبنا أثرا محسوسا منذ أن احتله الانسان .

وقد كان الكيمياوى الروسى العظيم « مندليف » الذى وضع القـانون الدورى الذى تكلمنا عنه فى باب سابق ، يعتقد اعتقادا

جازما أن الأثير غاز مفرط فى الرقة ، وقد زعم أن جسيماته من الصغر بحيث أنها تستطيع أن تمر بسهولة تامة بين ذرات المادة بمعنى أن المادة جميعها تعد مسامية تماما إزاء الأثير . ولكن الفوسيقيين فى الوقت الحاضر لا يميلون الى قبول هذه النظرية اذ يرونها مفرطة فى المادية ، ومع ذلك فانها ليست مستعصية على الادراك كل الاستعصاء .

ان الشاب فى المدرسة قد يعتريه بعض الدهشة حين معرفته لأول مرة أن الغازات قد تمر خلال الجدران الصلبة من الأوعية الخزفية ، غير المصقولة ، فى حين أن هذه الأوعية نفسها قد تحفظ الماء دون أن يتسرب منه شيء . وتزداد دهشته حين يعلم من تجارب لينارد باشعة المهبط أن الكهارب قد تمر بسهولة من ستار الومنيومى صلب يستحيل أن يمر فيه غاز من الغازات . فما علينا الا أن نرتقى درجة ونتصور جسيمات من الأثير تمر خلال جميع المواد بسهولة تامة . قد تكون هذه الجسيمات الأثيرية من صغر الحجم بالنسبة الى الكهارب كما تكون الكهارب من الصغر فى الحجم بالنسبة الى الذرات . ولعمرى اذا كان هذا هو حجمها فقد كان فى استطاعة منداليف أن يجد لها مكانا فى جدول قانونه الدورى بعد تعديله . على أنه يجب أن يفهم بوضوح أن نظرية منداليف ليست الا فرضا لا أكثر ، وأن الفكرة لا تصادف من علماء اليوم قبولا كثيرا . ولدينا نظريات ميكانيكية أخرى خاصة بتأثيرات الأثير ولكن ليست عندنا نظرية أخرى خاصة بطبيعة الأثير .

لقد نشأنا نعتبر الأثير « شيئا » خفيا مغايرا كل المغايرة للمادة العادية . ولذا فانه من الصعب أن نقبل كون الأثير متركبا من حبيبات كما يرى الكيمياوى الروسى العظيم فلا سبيل لنا فى الوقت

الحاضر الا بالتخمين . وعلى كل حال فان لدينا النظرية الشيقة للكهارب وهى ترسم لنا العقيدة الآتية :

الذرة متكوّنة من جسيمات صغيرة جدا تسمى كهارب، والذرة من الوجهة العملية عبارة عن نظام شمسى مصغر ، ولربما وجد جيل من الناس فى المستقبل يقول بأن الكهارب متألفة كذلك من جسيمات صغيرة من الأثير تتحرك هى أيضا فى مدارات منتظمة داخل الكهرب ، فان صح هذا فما ذا يأتى بعد ؟ على أن الكلام فى هذا الصدد يخرجنا عن مجال موضوعنا ، اذ أن هذه الاقتراحات لن تقبل على اعتبار أنها من قضايا العلوم فى الوقت الحاضر .

فى الوقت الذى ليست فيه نظرية التركيب الحبيبى للأثير مقبولة بصفة عامة ، يوجد اجماع تقريبا على أن الأثير مهما كانت طبيعته ، هو المادة الأولى المتكونة منها المادة جميعا .

لم يمض زمان بعيد منذ لاحظ المرحوم لورد سالسبورى أن كلمة الأثير تبدو له كأنها اسم فاعل من مصدر يهتز، لأننا نكاد لا نعرف شيئا من طبيعة الأثير سوى أنه قادر على الاهتزاز أو الترجح . ولا حاجة بنا الى الامعان فى التخمين عن طبيعة الأثير ، فإن لدينا الشيء الكثير مما يلذنا من بحث التأثيرات التى تحدث فى هذا الوسط الذى يتخلل الأشياء كلها .

إن الأثير فى الواقع عجيب فى قدرته على نقل جميع أنواع الأمواج ، فالشمس تبعث أمواجا معينة فى الأثير، ونحن نسمى هذه الأمواج أمواجا ضوئية ، واذا حللنا هذه الأمواج بإمرارها فى منشور زجاجى نجد صنوفا عدّة من الأطوال الموجية . ولا يؤثر فى أبصارنا من هذه الأصناف الا جزء قليل جدا ويحدث مختلف الاحساسات اللونية . واذا وضعنا مقياس حرارة حساس وراء

الطرف الأحمر المنظور من الطيف نجد أن هناك أمواجا غير منظورة تحدث حرارة ، وعند الطرف الثانى من الطيف وراء منطقة اللون البنفسجى نرى « ظلاما » وهناك نجد أمواجا تؤثر فى لوحة الفوتوغراف وتبدى تأثيرات كيمياوية أخرى . ولعمرى لو لم يعمل الأثير الا ما ذكر فى هذه الفقرة لكان أمره عجيبا حقا ، لأنه هو الذى ينقل كل تلك الأصناف العظيمة من الأمواج فى وقت واحد . وعند ما ينظر الانسان الى مصباح عادى من مصابيح الشوارع فى الليل يصعب عليه أن يدرك لأول وهلة أن القوس الكهربائى أو شبكة الغاز المبيضة الحرارة باعثة كل تلك الأصناف من الأمواج فى الأثير ، بل حتى هذه لا تستنفد كل ما فى مقدور الأثير ، لأننا عند ما نستعمل أنبوبة أشعة سينية نبعث فى هذه الواسطة اضطرابا له خواص تختلف عن خواص الأمواج الضوئية . تستطيع أشعة رونتجن Rontgen Rays أن تخترق مواد مثل الخشب ولحم الانسان ، وكلاهما معتم لا يشف الضوء . وسنعود الى بحث الأشعة السينية فيما بعد وانما نريد هنا أن نلاحظ أنها متكونة من اضطراب فى الأثير وأنه هو نفس الأثير القابل للتغير فى شكله ، الذى يحمل الأمواج الكهربائية التى يبعثها مرسل التلغراف اللاسلكى ، وهذه الأمواج بوقوعها على آلة الاستقبال البعيدة تبعث فيها حركة . ولا بد أن يكون الأثير هو الواسطة التى تجذب بها كتلة من المادة كل كتلة أخرى من المادة أيضا . أما طبيعة الجاذبية فليست عندنا فى الواقع فكرة عنها حتى فى هذا العصر ، عصر النور والعرفان .

وهناك نقطة أجد أنها تحير بعض الناس ، وهى : كيف يحدث أن هذه الأمواج الأثيرية تستطيع أن تنتقل هذه الملايين من الأميال ومع ذلك تحتفظ بمعدل سرعتها طول سفرها ؟ ان كل

الأمواج الموجودة فى الأثير تسير بسرعة معدلها فوق أحد عشر مليونا من الأميال فى الدقيقة . وانما اخترت تقديرها بالدقيقة لانى أرى أن الانسان العادى أحفظ لهـذه الأرقام من الرقم المتعارف وهو ١٨٦,٠٠٠ ميل فى الثانية . وسنرى عند ما نصل الى بحث الضوء كيف أمكن تعيين سرعة سيره ، ولكنا فى الوقت الحاضر نريد أن نرى كيف تكون السرعة ثابتة ولا تنقص بازدياد المسافة .

بما أن سرعة الضوء عظيمة جدا فان الزمن الذى تقطعه للوصول الينا من بعيد جدا يكون من الصغر بحيث لا يحس . ولكنا حين نبحث مرور أمواج الضوء من الشمس الى الأرض نرى أنها تستغرق حوالى ثمانى دقائق لقطع الاثنين والتسعين من ملايين الأميال التى بيننا و بين الشمس . لابد لنا من ايقاظ قوة التخيل فى أنفسنا اذا نحن لاحظنا أن من أمواج الضوء ما يستغرق ألوفا من السنين حتى يصل الينا من أحد النجوم البعيدة ، بيد أن هذا ما يحدث فعلا .

والواقع أن الصعوبة التى يستشعرها بعض النـاس فى تصوّر ثبات سرعة السير على مدى بلايين من الأميال ناشئة عن سوء فهم . فقد يفكرون فى الرصاص وغيره من قطع المـادة اذ تقذف بسرعة عظيمة ، و يرونها تفقد من سرعتها على عجل حتى تصل فى النهاية الى حالة السكون . فلنحاول ان نتصوّر موجة ضوئية تسير خلال الهواء . حقيقة ان طاقة موجة الصوت تنتشر وتفنى بعـد مسافة ما ، ولكنها قد حافظت على معدل سرعتها طول رحلتها جميعها . فأين محل الفرق ؟ . فى الحالة الأولى حركت قطعة من المـادة من جانب من الكرة الأرضية الى جانب آخر وكانت فى أثناء سيرها تصادف مقاومتين : التصادم بذرات الهواء وقوة الجاذبيـة . وفى الحالة

الثانيــة لم يكن هنـاك انتقال مادة من مكان الى مكان بل مجرد سلاسل من الأمواج منبعثة فى الهواء. وعند ما تبعث أمواجا فى وسـط بركة من المـاء فانك لا ترسـل ماء من مركز البركة الى الشاطئ . والشمس والنجوم ، انمـا تحدث أمواجا فى الأثير، ومن ثم كان معـدل سرعة السير ثابتا . وطاقة الأمواج الصوتيـة أو الأمواج المـائية تفنى بازدياد المسافة المقطوعة . وكذلك يجب أن تكون طاقة الأمواج الأثيرية . وقد تكون احدى الشموس المشرقة قائمة على مسافة بعيدة ولا تلوح لنا إلا كنجم ضئيل ، وربمـا كانت أمواجها الأثيرية قد ضعفت فى أثناء رحلتها الطويلة حتى عجزت عن أن تؤثر فى جهاز أعيننا العصبي ، واننا انمـا ندرك وجود هذا النجم البعيد لأن هذه الأمواج الأثيرية التى نقصت نقصانا عظيما لا تزال قادرة على التأثير فى المواد الكيمياوية التى صنع منهـا لوح زجاج فوتوغرافى .

ولا تكون أمواج الصوت ثابتة السرعة الا اذا كان الوسط الذى تنتقل خلاله ثابتا . فاختلاف درجة الحرارة فى الهواء يغير معـدل سرعة سير الأمواج فيه . وكذلك سرعة أمواج الأثير فانهـا ثابتة ما بقيت فى محيطها الأثيرى الخالص كما هى الحال فى الفضاء الكونى بين النجوم ، على أنه عند ما تخرج هذه الأمواج من حدود محيط الأثير الخالص وتدخل فى جوّنا تلاقى شيئا من المقاومة ، وعنـد ما تدخل المـاء يقل معدّل سرعة سيرها قلة محسوسة و ينقطع سيرها بتاتا لدى المواد المعتمة .

لقد حاولنا فى الأبواب السابقة أن نصوّر التركيب الذرّى للمـادة والكهارب دائرة فى باطن الذرات ، والآن نتوخى أن نضيف

الى هـذه الصورة ذلك المحيط العظيم الذى لا حد له من الأثير ، والذى يحيط بالمـادة جميعها و يتخللها . إنه فى هـذا الأثير المحيط توجد المجالات الكهربائية والمغناطيسية . ولذا كان علينا أن لا نقتصر على تناول الكهربائية فى المـادة بل وفى هـذا الوسط المحيط أيضا ، ولذلك يلذنا فى هذا الصدد أن نبحث قبل كل شىء عن ماهية المغناطيسية .

الباب السابع

ما هى المغناطيسية ؟

ما الذى يحدث المجال المغناطيسى ؟ – اضطراب أثيرى حقيق – كيف تصبح قطعة من الحديد مغناطيسا – المغناطيسات الجزيئية – المغناطيس الدائم – حقائق شائقة عن تمغطس السفن الحديدية – أسباب التمغطس – محرك الموقد فى أثير مضطرب – كيف يكون جزىء الحديد مغناطيسيا – أشد أنواع المغناطيس فعلا – من أين تأتى الطاقة – بيان حقيقة الاضطراب الأثيرى – بعض رسوم لخطوط القوى .

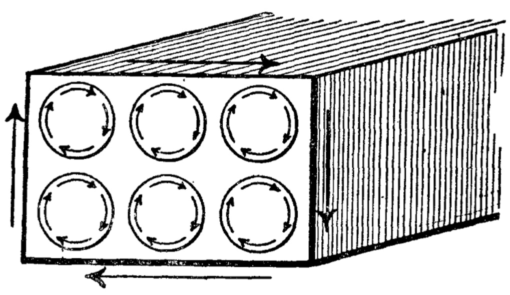
الرأى الشائع عن المغناطيس أنه ليس الا قطعة من الحديد أو الفولاذ ذات خاصة غريبة تجتذب اليها بها قطعا أخرى من الحديد العادى أو الفولاذ . على أنه قد أصبح من المألوف لأكثرنا ادراكا أن ملف السلك الذى يجرى خلاله تيار كهربائى يسلك مسلك المغناطيس العادى بالضبط . (انظر الصورة المقابلة لصفحة ٧٣) .

وقد لاحظنا فى أحد الأبواب المتقدمة المجال المغناطيسى المستحدث فى الأثير حول مغناطيس . فلنتساءل الآن عما يحدث هذا المجال المغناطيسى ؟ اذا أخذنا فى الأول حالة مجال مغناطيسى يحيط بسلك حامل تيارا كهربائيا نتصوّر تدفق مجرى الكهارب فى باطن السلك ، فان الكهارب تتلقفها الذرات واحدة بعد الأخرى . فهل يمكن أن هذا التحرك البسيط للكهارب يثير الأثير المحيط حتى ليحدث مجالا مغناطيسيا ؟ . إن فكرة أن الأجسام المتكهربة المتحركة حركة منتظمة بسرعة عظيمة تحدث مجالا مغناطيسيا ليست بالفكرة الجديدة . ولقد كانت هذه حقيقة مسلما بها قبل استكشاف الكهارب ، ولذلك فانه حينما تقرر نظرية الكهارب أن المجال المغناطيسى ناشئ عن الحركة المنتظمة للكهربائية فى موصل ، لا نجد صعوبة فى قبول هذا الجانب من العقيدة . وكلما

زاد عدد الكهارب التى تمر فى زمن معين زاد الاضطراب الحادث فى الأثير المحيط . وما دامت جميع المجالات المغناطيسية ناشئة عن حركة منتظمة للكهارب فانا لا نتردد فى القول بأن هنـاك تدفقا منتظما من الكهارب فى باطن قطعة الحديد الممغطسة . واذا لم يكن هذا هو الواقع لم يمكننا أن نحصل على المجال المغناطيسى المحيط بها . ولكن لا حاجة بنا الى الظن بأن الكهارب تسير حول كتلة الحديد أو الفولاذ مرة بعد أخرى ، لأننا سنرى أن الكهارب الدائرة حول ذراتها قد تحدث النتيجة نفسها فى ظروف خاصة . ولنعين أنفسنا على التخيل نشبّه الذرات ومعها كهاربها الدائرة حولها بمصغرات من سيار زحل وحولها حلقاتها . ونرى فى الحديد ركاما من سـيارات زحل هذه ، مجتمعة معا ، غير أن حلقاتها واقعة فى جميع الاتجاهات على صورة تراكم مهوّش مضطرب(١) . فى مثل هذه الحالة تبعث الحركة المنتظمة لكهرب حول ذرة واحدة اضطرابا أثيريا مضادا تمـام التضاد للاضطراب الذى تبعثه ذرة مجاورة يصادف أن تكون حلقتها فى مركز مضاد لمركز حلقة الذرة الأولى . فى هــذه الحالة تكون جميع الذرات على حالة مهوّشة مضطربة ،(١) فالشغل الذى تعمله واحدة منها تعدله وتبطله واحدة أخرى ، وفى هــذه الحالة لا تبدى كتلة المـادة مجالا مغناطيسيا مطلقا . ولكن اذا استطعنا بوسيلة ما أن نرتب كل الذرات بحيث تصبح حلقاتها أو مداراتها المكوّنة من الكهارب كلهـا فى مستوى واحد فعندئذ لا بد أن نحصل على نتيجة كما هو مبين فى (الشكل ١) .

---

(١) حينما نصوّر الذرات فى حالة مهوّشة مضطربة يجب أن نفهم أن لها فى هذا الاضطراب والخبل شيئا من النظام ، اذ الواقع أنهـا تهيء نفسها على شكل حلقات صغيرة أى مجاميع ثابتـة . والنتيجة على كل حال ممكن أن توصف بأنهـا مضطربة مشوّشة ، أو مقلوبة رأسا على عقب .



شكل (١) التهيئة الباطنية لمغناطيس فولاذى

فى هـذا الرسم ترى ست ذرات مداراتها الكهربية موضوعة فى مستوى واحد . ولنفرض أن هذا مقطع قطعة من الحديد الممغطس .

نلاحظ أن هناك معادلا (Equivalent) لتدفق الكهارب حول المغناطيس ، وأن الأثير فى هذه الحالة يضطرب بنفس الطريقة التى يضطرب بها اذا كانت الكهارب تدور فعلا حول قطعة الحديد مرة بعد أخرى بدلا من دوران كل واحد منها حول مداره الخاص . وعليه فالحال تكون بالضبط كما لو كان لدينا سلك ملتف حول قطعة الحديد يسرى فيه تيار كهربى . واذن فلا بد أن يكون لدينا مجال مغناطيسى حول هذا السلك التوهمى . واذا أسقطنا الجزء الخاص بالكهارب من نظرية المغناطيسية نقول انها كانت مقبولة أبد جيلين أو ثلاثة . فقد اعتدنا أن نتصور أن كل جزىء من الحديد عبارة عن مغناطيس له قطب شمالى وآخر جنوبى . ونزعم أن المغناطيسات الصغيرة فى الحالة العادية للحديد تكون على صورة مهوشة بحيث تبطل الواحدة منها فعل الأخرى ولا يظهر لها أثر مغناطيسى فى الخارج . ولكن عندما يدلك الحديد بالمغناطيس ترغم هـذه المغناطيسات الجزيئية الصغيرة على أن تدور وتجعل كل أقطابها الشمالية فى اتجاه

واحد . ويستطيع ركام المغناطيسات الجزيئية الصغيرة العاملة معا أن يحدث مجالا مغناطيسيا محسوسا فى الأثير المحيط . ونجد عند أحد طرفى قطعة الحديد أن كل الأقطاب الشمالية الجزيئية متجهة الى الخارج ، وجميع الأقطاب الجنوبية فى طرفها الثانى متجهة الى الخارج أيضا . ومن ثم كانت قطعة الحديد الممغطس تبدى قطبين متميزين : شماليا وجنوبيا . واذا قطعنا المغناطيس قطعتين حصلنا أيضا على قطب شمالى فى أحد طرفى كل قطعة منهما وقطب جنوبى فى الطرف الآخر من كل منهما .

وقد سيقت مشاهدات عدّة لتأييد هـذه النظرية الجزيئية للمغناطيسية، اذ أنه عندما تكون جزيئات الفولاذ الصلب قد أديرت بتأثير المغناطيس فانها لا تعود بسرعة الى مواضعها الأصلية ، ولذا نجد أن الفولاذ يبقى مغناطيسيا دائما . ونستطيع أن نحدث اضطرابا فى هذا الانتظام الجزيئى بطرق الفلاذ أو باحمائه الى درجة الاحمرار . ففى الحـالة الأولى نجد أن المغناطيس يصبح ضعيفا جدا بعد طرقه طرقا شديدا . أما فى الحالة الثانية فانا نجد أن المغناطيسية تتلف تماما بفعل الحرارة فيها ، اذ تمكنت الجزيئات بواسطتها من العودة الى حالتها الأصليـة من التهويش والاضطراب . وعند ما تبنى سفينة حديدية تعمل أقطاب الأرض المغناطيسية على ادارة المغناطيسيات الجزيئية للحـديد حتى تكون كلها متجهة الأقطاب المغناطيسية نحو الشمال والجنوب . ومن المدهش أن دق مسامير البرشمة فى جسمها يعين المغناطيسات الجزيئية بسرعة على مطاوعة جذب الأرض . وقد أجريت حديثا عدّة تجارب على جسم سفينة بضاعة أثناء بنائهـا . ذلك أنه نظرا لحدوث اضراب من جانب العمال البرشمجية ، صفحت السفينة بأجمعها وثبتت كل الفواصل ، وبنى السطح حين لم يعمل من البرشام اللازم، الا خمسة فى المـائة

وقد دوّنت مذكرة دقيقة عن مغناطيسية السفينة . والسفينة فى اعتبارنا الحالى عبارة عن قطعة من الحديد تحاول الأرض أن تمغطسها . وسنفرض أن مقدار المغناطيسية للسفينة كانت فى هذا الطور خمسة وعشرين فى المائة فقط من المغناطيسية المسببة عن الأرض نفسها . ولقد بقيت الأمور على حالها مدى شهر حتى عاد البرشمجية الى العمل ، وعندها وجدت المغناطيسيات الجزيئية فرصة أفضل لاطاعة جذب الأرض . ففى الوقت الذى قام فيه البرشمجية بطرق أربعين فى المائة من البرشام زادت مغناطيسية السفينة أكثر من ثلاثين فى المائة ، واستمرت الزيادة فيها باستمرار الطرق .

لقد تناولنا سببين للغناطيسية ، ويمكننا أن نسمى الأول المغناطيسية الطبيعية ، وهو الذى يتمغطس فيه الحديد بتأثير مغناطيسية الأرض . وهذا هو سبب وجود المغناطيسات الطبيعية ، أى أحجار المغناطيس (Lodestones) فى الأرض . والسبب الثانى الذى سبق لنا الكلام عنه هو المغناطيسية المسببة عن ذلك الحديد بمغناطيس دائمى . وهناك وسائل أخرى للتأثير فى هذه المغناطيسيات الجزيئية الصغيرة ، مثال ذلك أننا اذا وضعنا مغناطيسا فى جوار ملف من السلك يسرى فيه تيار من الكهارب (كما هو مبين فى الرسم المقابل لصفحة ٧٣) فان المغناطيس يدور على الفور ويصير عموديا على وجه الملف . انظر الى الصورة وحاول أن تتصوّر أن إبرة المغناطيس فى قطعة الحديد التى يحيط بها الملف السلكى عبارة عن جزىء مكبر تكبيرا عظيما فى قطعة الحديد المفروض أن الملف يحزمها . اذ ذاك نرى أن هذا الجزىء المكبر يدور حول نفسه عندما يمر التيار فى السلك المحيط ، وليس من الصعب أن نتصوّر جميع الفضاء الموجود فى الملف مملوءا مغناطيسات مماثلة

تنقاد جميعها لتأثير المجال المغناطيسى ، وبهـذه الطريقة يمكننا أن نكوّن فكرة واضحة عما يحدث فى داخل قطعة من الحديد عندما يحيط بها سلك يحمل تيارا كهربيا .

فى الصورة المقابلة لتلك الصفحة نرى ما يحدث عند ما نضع محرك نار معتـاد فى الأثير المضطرب داخل الملف ، تدور ركام المغناطيسات الجزيئيـة الموجودة فى جسم المحرك الحديدى بحيث تعمل متحدة ، ويصبح هـذا الجيش المتكوّن من الجزيئات الصغيرة قادرا على حمل مقص من الحديد .

كل ذرة من المـادة ، مهما كان نوعها ، متكوّنة من كهارب متحركة فى مدارات ثابتة . ولذلك نجد تأثيرات مغناطيسية فى كل مادة وان كانت هذه فى أغلب الأحوال ضئيلة جدا . والتأثيرات المغناطيسية فى فلزى النيكل والكوبلت تكون واضحة تماما وان كانت بدرجة أقل منها فى الحديد.وكثير من سبائك Alloys النحاس والمنغانيس والألومينيوم تبدى تأثيرات مغناطيسية مناسبة ولكن الحديد فوق الجميع فلا بد أن تكون فى تركيب ذرة الحـديد ميزة خاصة تؤثر فى الأثير بما هو أشد كثيرا من تأثيرغيرها من الذرات . وقيـل فى تعليل ذلك إن كهربا أو أكثر من الكهارب الموجودة فى ذرة الحديد يرسم مدارا أكبر بكثير مما يحدث عادة فى الذرات ، أو أن الكهارب ربمـا كانت تدور فى مسـتوى واحد . ليست حركة هذه الكهارب خاضعة لسلطان الانسان ، فهى تدور فى الحديد بلا انقطاع ، وكل قطعة من الحديد تشتمل على القدرة المغناطيسية ، ولكنها لا تظهر كما سبق أن رأينا ، ما لم تعمل المجالات المغناطيسية كلها فى مستوى واحد ، أى ما لم تكن جميع السيارات الزحليـة الصغيرة بحيث تكون حلقاتها كلها فى اتجاه واحد . فى هذه الحالة يتمغطس الحديد .

واذا كانت قوّة الحديد المغناطيسية حقيقة قوّة ذاتية فلا غرو أن ينتظر الانسان أن يكون لقدرتها حد . ولقد وجد من زمان بعيد أن هـذا هو الحاصل ؛ وقد اتضح لنا أن المغناطيسية ليست شيئا نضعه فى الحـديد كما نفعل عنـد ما نشحن جسما بالكهربائية . بل وجدنا فى حالة المغناطيس أننا نصل بسرعة الى حد من المستحيل بعده تماما أن نزيد مقدار المغناطيسية ، ولذلك سمى الحد نقطة التشبع (Saturation Point) على أن التسمية ، ككثير غيرها لم يحسن اختيارها ، فان كلمة " تشبع " تبعث فى الذهن تصوّرات عن تشرب الحـديد شيئا . والواقع أننا نفهم بفضل ما يبعثه ضوء العلم الحديث أننا قد بلغنا الغاية اذ نجحنا فى ادارة الذرات الزحلية الصغيرة أو وضعها فى أحسن ما يمكن من الأوضاع ، اذ تمكننا بهـذا من الحصول على أكمل ما يمكن الحصول عليه من الاتحاد فى قواها الصغيرة .

و يتضح من هذا جليا أن أى نوع من المغناطيس يمكن أن نحصل منه على خير النتائج . اننا نحصل على مجال مغناطيسى من ملف سلكى يجرى فيـه تيار كهربائى ، ولكن هـذا يكون مجالا ضعيفا بالقياس الى غيره . ولكنه مع ضعفه قادر على أن يؤثر فى ملايين الملايين من القوى المغناطيسية الصغيرة المحتبسة فى قطعة من الحديد . وعلى ذلك تكون أحسن خطة نتبعها هى أن نضع ملفا من السلك حول قطعة من الحـديد ونستبق تيارا من الكهارب جاريا فى السلك بواسـطة بطارية أو أى مضخة كهربائية (Electric Pump) أخرى .

وسيتضح أن هـذا الترتيب السابق من شأنه أن يعطينا أحسن نوع ممكن من المغناطيس . وبمـا أن جسيمات الحديد المطاوع أسهل تأثرا بالتيار من جسيمات الفولاذ الصلب فانهم يصنعون

قلوب المغناطيسات الكهربائية (Electro magnets) من الحديد المطاوع . ولهـذا العمل مزية أخرى ، لأنه عند ما يقف تيار الكهارب المتسيطر فى السلك تعود ملايين الملايين من القوى المغناطيسية الصغيرة الموجودة فى جسم الحديد الى وضعها الأول المهوش المضطرب ، وتمحى آثار المغناطيسية جميعها . وعليه يكون عندنا مغناطيس يجـذب الأجسام ويدعها تبعا للارادة . ولقد شرحت التطبيقات العملية العديدة لهذه الظاهرة فى الكتاب الأول من هذه السلسلة كتاب "كهربائية اليوم" .

هذا ولا يصح لنا أن نكتفى باعتقاد أن القلب الحديدى المطاوع من المغناطيس الكهربائى يقتصر على تركيز المجال المغناطيسى المحيط بالملف فان المجال المغناطيسى الضعيف للملف يدعو القوى الباطنية فى الحديد المطاوع الى العمل الظاهر . قد نزيد المجال المغناطيسى حول ملف سلكى بزيادة مجـرى الكهارب فى السلك ، ولكن طاقة المغناطيسية التى تتضمنها قطعة من الحديد ثابتة دائما وانما تختلف قوة المغناطيس شدة وضعفا تبعا لما تكون عليه تيارات كهاربه الذرية من حيث اتحادها فى العمل . وفى الحديد وغيره من الأجسام المغناطيسية نفترض أن مدارات الكهارب العاملة من الكبر بحيث يؤثر بعضها فى بعض عبر المسافة الحادثة بين الذرات ، والحديد من هذه الوجهة أسبقها جميعا . أما سبائك الدكتور هوسلر (Dr. Heusler) وهى التى ذكرتها فيما سبق ، فتأتى فى الدرجة الثانية دون الحديد بمراحل . ويأتى الكوبالت والنيكل فى الدرجة الثالثة على بعد سحيق . وقد حاولت فى الرسم المدرج أمام صفحة ١٧٤ أن أبين أن المجال المغناطيسى هو اضطراب أثيرى حقيقى . ترى محركا حديديا معتادا موضوعا على مسافة ما من مغناطيس كهربائى

كبير ، ومع ذلك فان جسيمات المحرك الحديدى المطاوع تتأثر بفعل الأثير المضطرب حتى ليستطيع رفع مفتاح رغم قوة الجاذبية الأرضية . وليس للهواء المتخلل يد فى نقل القدرة لأن التجربة ممكن اجراؤها فى فراغ . ويوجد اضطراب أثيرى حقيق حول المغناطيس الكهربائى الكبير ، ولهذا الاضطراب الأثيرى تأثير حقيق فى الحديد . فانه يدعو ملايين الملايين من المغناطيسات الجزيئية الصغيرة التى يتضمنها الحديد الى الاصطفاف بعضها مع بعض وتوحيد قواها .

وفى الصورة الفوتوغرافية الثانية ترى مفتاحا مجذوبا الى أعلى نحو المغناطيس بواسطة الاضطراب الأثيرى . ولن يدور بخلد أحد أن الأصبع قد مغطس بل انه هناك ليمنع المفتاح من الوصول الى المغناطيس، واذا كنا نربط مفتاحا بخيط ونثبته فى الأرض فاننا نرى المفتاح معلقا فى الهواء اذ يقوم الخيط فى هذه الحالة مقام الأصبع فى الرسم .

وقدصوّرفارادى(Faraday)خطوط القوّة(Lines of Force) الحادثة فى الأثير حول مغناطيس قبل ظهور نظرية الكهارب بزمن طويل . ولكى نبين وجود هذه الخطوط يمكن الانسان أن ينثر برادة حديد على قطعة من الورق فاذا ما وضع قطب مغناطيسى تحت الورقة ترتب البرادة نفسها على خطوط القوّة هذه وفى الصورة الفوتوغرافية المقابلة لصفحة ٩٨ نقلت بعض أشكال حصل عليها بهذه الطريقة بعض طلبة الكلية الصناعية فى كلاسكو وغربى اسكتلندا . ولكى تبقى البرادة فى المواضع التى تتخذها تغطى الورقة بطبقة من شمع البرافين، وبعد تكوّن الأشكال تسخن الورقة لتلتصق البرادة بشمع البرافين عند ما يبرد. على اننا نجد

فى هذا الرسم بيانا آخر لطائفة من الجزيئات قد أدنيت من طائفة أخرى الى مدى جزيئى بحيث تستطيع أن تجذب بعضها بعضا بقوة التماسك .

فى الباب الحالى تناولنا اضطراب الأثير الناشئ عن حركة الكهارب المطردة . فذكرنا أن تحرك الكهارب على امتداد سلك ما يحدث مجالا مغناطيسيا حول السلك . وسيكون مما يلذ القارئ أن يرى ما يحدثه ابتداء حركة هذه الكهارب من الأثر فى الأثير المحيط بها .

الباب الثامن

معلومات أخرى عن الكهارب المتحركة

فى المادة خمول شديد من حيث الحركة — الحركة الدائمة بدرجة مكبرة — المادة المتحركة تأبى الوقوف — الكهارب المتحركة — الكهارب تؤثر فى الكهارب الأخرى البعيدة خلال وسط الأثير ، صعوبة فى المواصلات التليفونية تستوقف النظر — الأثير يحمل الطاقة — وظيفة السلك التلغرافى — قياس تمثيلى للتأثير الكهربائى — بعض تجارب لاسلكية — التأثير الذاتى — الكهارب المتأثرة بمجال مغناطيسى متحرك — الاستكشاف العظيم لفارادى — كيف يحدث التيار المغناطيسى بواسطة دينامو .

تساعدنا اختباراتنا اليومية على ادراك أن المادة جميعها شديدة الخمول ، فهى تتطلب استخدام القوة لكى تبدأ فى الحركة . فعربة اليد مثلا تصادف عجلاتها من الاحتكاك بالأرض ما يجب تذليله لتسييرها ، بل وعند تحركها تحتاج الى استعمال القوة لاستمرار تحركها . وصاحب العربة يدرك هذا وان لم يكن يفكر فى السبب .

ويصدق هذا تماما على المادة جميعها من وجهة أخرى ، فهى اذا ما تحركت أبت الوقوف .

نعم إن صاحب العربة يجد من الصعب أن يؤمن بهذا ، لأنه يرى نفسه يجهد كل عضلاته لاستمرار تحركها ولكن هذا ناشئ عن الاحتكاك العظيم بين العجلات وسطح الطريق . دعه ينقل عربته على قضبان الترام فانه يجد أن نصف هذا الحمل قد اختفى . ومن الجلى أن الاحتكاك قد نقص نقصا عظيما لأنه لا يجد نفس المقاومة التى كانت تلقاها حركة العجلات . ودعه يفصل عجلات العربة عنها ثم يحاول أن يجرها فإنه يجد أن من المستحيل عليه أن يحركها .

وقد يميل صاحب العربة عندئذ الى التسليم على الأقل بأن هناك مقدارا عظيما جدا من الأمر يتوقف على المقاومة الاحتكاكية وان لم يكن قادرا على تصديق القول بأن المادة كسول عن وقف الحركة بقدر كسلها عن الشروع فيها .

والسيّارات السماوية لا تصادف احتكاكا أو مقاومة فى مسيرها الطويل حول الشمس، ولذا فانا نرى من حركتها المستمرّة نوع الحركة الدائمة . ولكنى أشفق مع ما تقدّمه الطبيعة من هذا البيان العظيم، أن لا يصدّق ذلك العامل المجهد أن عربته كانت تستمر فى التحرك من تلقاء نفسها لولا ما تصادفه من المقاومة الناشئة عن مؤثرات خارجية .

واذا تمثلنا رصاصة مطلقة من بندقية قوية أمكننا أن ندرك أنها متى خرجت فى طريقها أبت أن تقف . والواقع أن الرصاصة ما لم تصادف حائلا ذا مقاومة عظيمة يعترضها فانها تشق لها طريقا فى الحائل نفسه، وفى النهاية تعود الرصاصة الى حالة السكون بفعل مقاومة الهواء لها، وجاذبية الأرض التى تشدّ الرصاصة الى الأرض . والحقيقة أن اعتيادنا رؤية جميع الأجسام المتحرّكة تعود الى حالة السكون هو السبب الوحيد فى أننا نجد صعوبة فى ادراك أن هذه الحالة انما تحدث بفعل تدخل قوّات خارجية . واذا بحثنا الموضوع جدّيا أدركنا سريعا أن المادة فى ذاتها كسول عن الوقوف عن الحركة بقدر كسلها عن النهوض الى التحرّك . وقد سميت هذه الخاصة المادية بالقصور الذاتى (Inertia) .

كل ما قيل حتى الآن عن المادة المعتادة يصدق على الكهارب الخفية . فان لها نفس خاصة القصور الذاتى هذه، فهى قاصرة قصور المادة، وتحتاج الكهارب كتلك العربة اليدوية الثقيلة

الى بذل طاقة اضافية لحملها على التحرك واذا تحركت فلن تقف حتى تستعمل لذلك قوة خارجية أيضا . عند ما خرجت الكهارب الطائرة من الأنبوبة الفراغية من نافذة الألومينيوم كانت تتحرك بسرعة عدّة آلاف من الأميال فى الثانية ، ومع ذلك فقد تعطلت عن السير على مدى بوصة واحدة من النافذة المذكورة بسبب مقاومة جسيمات الغازات المكوّنة للهواء . ولولا ذلك لما وقعت الكهارب من تلقاء نفسها . وكما نرى حركة دائمة فى الأجرام السماوية كذلك نرى بعين البصيرة حركة دائمة للكهارب فى باطن الذرّة حيث لا تصادف مقاومة أصلا . فهى فى حركة ولا تميل الى الوقوف وليس هناك ما يقفها .

والآن فلننظر ماذا يحدث اذ نبعث أو نقف تيارا كهربيا فى سلك من الأسلاك . نجد أنه اذا كان فى جواره سلك آخر ، وكان هذا السلك واقعا على موازاة الأول حدث اضطراب للكهارب فى هذا السلك . وفى كل مرة يبعث التيار و يوقف فى السلك الأول ينشأ عن ذلك تيار وقتى فى السلك الثانى . ولقد وجدت شركات التلفون من هذه الظاهرة عناء فى أول الأمر . فقد كان فى مرور سلكين متوازيين على عمود واحد ما يمكن شخصا ثالثا من تسمع الحديث الذى يجرى على السلك المجاور بين مشتركين . ولذلك رأى مهندسو التليفون أن من الضرورى أن يجعلوا مدّ أسلاك الخطوط بطريقة خاصة بحيث تتقاطع الأسلاك من جانب الأعمدة الى الجانب الآخر حتى لا تكون الأسلاك متوازية . على انى انما أتكلم عن التليفون أيام كان يشتغل على خطوط مفردة وعلى دائرة كهربائية أرضية . أما وقد استعملت الآن دوائر معدنية كاملة فلا يظهر هذا العيب الا على الخطوط البعيدة المدى . وأذكر أنى سمعت الواقعة المهمة الآتية ، وقد حدثت منذ عشرين سنة :

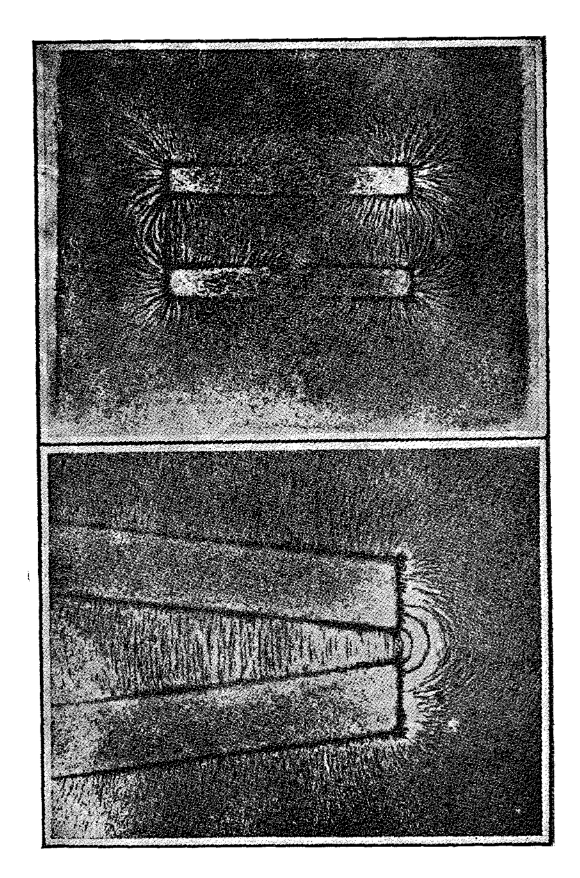
شكا بعض مشتركى التليفون فى لندن وجود صوت تكتكة فى مسراتهم (تلفوناتهم) وكانت هذه الأصوات تقلق المتخاطبين أثناء الحديث . وقد وجد بالبحث أن خطوط هؤلاء المشتركين كانت تمر على استقامة شارع وضعت تحته بعض أسلاك تلغرافية، فلم يكن ثمة شك فى سبب هذه التكتكة المقلقة اذ لا مشاحة فى أنها كانت اشارات تلغراف مورس(Morse)المعروف وكانت أسلاك التليفون على أعمدة مقامة فى أعلى أبنية مرتفعة . أما أسلاك التلغراف فكانت مدفونة فى الأرض ،ومع ذلك فان تيار الكهارب فى الأسلاك الأرضية كان بلا شك داعيا كهارب أسلاك التليفون العالية الى التحرك. فكيف استطاعت الكهارب فى أحد السلكين أن تؤثر فى كهارب السلك الآخر؟ انما تم ذلك باضطراب الأثير المتدخل الذى يثير فى دوره كهارب السلك الآخر .

وقد يحسن أن نذكر فى هذا المقام أنه حتى فى الحالة البسيطة — حالة تيار كهربائى يجرى فى سلك مثلا الى آلة تلغراف بعيدة، أو الى جرس كهربائى — تنتقل الطاقة فعلا خلال الأثير المحيط بالسلك . إنه لا توجد المجالات الكهربائية والمغناطيسية أى خطوط القوة الا فى الأثير ، وان هاتين القوتين بعملهما معا تدعوان الطاقة الى الانتقال بواسطة الأثير المحيط بالسلك . ومن المعتاد أن يقال ان سلك التلغراف يعمل بمثابة دليل للاضطراب الأثيرى. على أن السلك أكثر من أن يكون دليلا فقط ،لأن الكهارب لا تتحرك الا فى باطن السلك ، وبذا تثير الأثير المحيط بحركة مجالاتها الكهربائية والمغناطيسية. واذا عدنا الى الكلام عن سلكين موضوعين على التوازى نجد أننا عند ما نحث الكهارب فى السلك الأول يحدث فى السلك الثانى ، أى يتولد بالتأثير، تيار كهربى وقتى. على أن هذا الاضطراب لا يحدث فى السلك الثانى الا فى اللحظة التى تبدأ فيها الكهارب

أو تقف فى السلك الأول . ومما يسترعى الملاحظة اتجاه هــذه التيارات الوقتية . ولتسهيل الموضوع نورد لك مثلا للتشبيه :

اذا كان أحد الركاب واقفا فى عربة قطار أو ترام غير متحرك وتحركت العربة على حين بغتة الى الأمام فان الواقف تصيبه دفعة الى الوراء أى الى الجهة المضادة لاتجاه القوة التى تحدث هذه الحركة الأمامية فى العربة . و بطريقة شبيهة بهذه تعانى الكهارب فى السلك الثـانى دفعة الى الوراء فى الجهة المضادة للتيار المتسيطر فى السلك الأول . كذلك اذا كان قطار أو عربة يسير بسرعة معتدلة ثم وقف بغتة فان الراكب الواقف فيهـا يندفع الى الأمام فى الاتجاه الذى كانت تسير فيه هذه العربة . و بهذه الطريقة عينها تتلقى الكهارب فى السلك الثانى حركة أمامية عند ما يقف التيار فى السلك الأول . وقد يلقى الراكب أذى من وقوف القطار بغتة أشــد ممـا يلقى من سـيره بغتة . ففى الحالة الأولى يكون تغير الحركة أعظم . اذ قد يكون القطار سائرا بسرعة أربعين ميلا فى الساعة حين تنزل حركته الى الصفر بغتة . ولكن عند الابتداء من الصفر يكون التغير تدريجا لأنه يســتحيل أن تنتقل حركة القطار من صفر الى أربعين ميلا فى الساعة دفعة واحدة . وكذلك الأمر فى الكهارب فانه عند ما تقف الكهارب بغتة فى السلك الأول يكون تأثير ذلك فى الأثير المحيط أكبر بكثير منه حين بدأت فى التحرك . وعليــه فان التيار الوقتى المستحدث فى السلك الثانى بسبب وقوف التيار المسيطر فى السلك الأول أهم بكثير من التيار الآخر ، الى درجة اننا نســتطيع أحيانا أن نغفل التيار الوقتى الناشئ عن البدء فى الحركة .

وما دام التيــار الكهربى جاريا بانتظام فى السلك فانه يوجد مجال كهربائى مغناطيسى منتظم فى الأثير المحيط به ، ولكن كهارب



خطوط قوة حول مغناطيس

الصورة الفوتوغرافية المدرجة فوق هــذا تبين كيف ترتب برادة الحديد نفسها على مدى خطوط القوة المحيطة بمغناطيس .

السلك الثانى لا تتأثر بحال من الأحوال ، وانما تندفع الكهارب فى السلك الثانى بحركة وقتية فى اللحظة التى يحدث فيها الشروع والوقوف فى كهارب السلك الأول .

ومن الطبيعى أن يسأل الانسان عن المسافة التى قد يبتعد بها سلك عن سلك ، ومع ذلك يستطاع معها تحريك كهارب السلك الثانى . نجح سير وليام بريس (Sir William Preece) يوم كان يشتغل رئيسا للمهندسين فى ادارة البوستة البريطانية فى استحداث تيار بالتأثير، بهذه الطريقة حينما كان السلكان المتوازيان على مسافة بضعة أميال . وكان هـذا العمل من أسبق الطرق فى التلغرافيـة اللاسلكية ، ولكنها لم تستطع أن تعمل على المسافات العظيمة . لأنه كلما زيدت المسافة بين السلكين المتوازيين كان من الضرورى زيادة طول السلكين نفسيهما . وقد كان يمكن التغلب على هذه الصعوبة لو أمكن أن تعمل الأسلاك الطويلة عملها اذا هى طويت على شكل ملفين عظيمين . على أن هذا مستحيل ، اذ يتركز جميع الاضطراب الأثيرى ويعود فيؤثر فى كهارب أخرى فى نفس الملف ويحدث عنـدنا ما نسميه بالتأثير الذاتى (Self-Induction) . وقبل أن تؤثر الكهارب الموجودة فى أحد الملفين فى الملف الثانى يجب أن يكون الملفان قريبين بعضهما من بعض . وعندنا تطبيق عملى عن الفعل الذى يحدث بين ملفين متجاورين فى ملف التأثير السالف الذكر والذى قد أصبح مألوفا لدى أغلب الناس لعلاقته باحداث الأشعة السينية . إن الذى نريد أن نلاحظه فى الوقت الحاضر هو أن التيارات الوقتية فى الملف الثانى تحدث من احداث مجال مغناطيسى والغائه ، أو بعبارة أخرى بواسطة مجال مغناطيسى متحرك . وفى المسألة التى كنا بصددها عنـدنا تيار كهربى بدئ ووقف على عجل فى ملف من السلك . ففى كل مرة تبـدأ فيها

الكهارب بالحركة يحـدث حول السلك مجـال مغناطيسى يزول عند ما تقف الكهارب عن الحركة. ويصح أن نتصوّر أن خطوط القوة المغناطيسية فى هذه الحالة قد أبرزت الى الخارج بغتة من السلك ثم سحبت. ولكن أى مجال مغناطيسى متحرك يؤدى نفس الغرض؟ فقد نحرك مغناطيسا فولاذيا بسـيطا فى جوار ملف من السلك ونسـتحدث بالتأثير نفس التيارات الوقتية فى الملف . وقد ندع المغناطيس ساكنا ونحرك ملف السلك فى المجال المغناطيسى وخارجا عنه ، وتكون النتيجة واحدة فى كلٍ. ذلك كان الاستكشاف العظيم الذى اهتدى اليه ميشيل فارادى ، فانه لما كان يجرى بعض تجارب فى المعهد الملكى بلندن فى سنة ١٨٣١ استكشف انه عند ما حرك ملفا من السلك بين قطبى مغناطيس استحدث بالتأثير تيارا كهربائيا فى الملف . وتصوّر فارادى الملف المتحرك قاطعا خطوط القوة المغناطيسـية فكانت النتيجة حدوث تيـار كهربائى وقتى بالتأثير فى ملف السلك. أما اليوم فاننا نتصوّر لذلك صورة أشد تفصيلا: نرى بالتخيل كهارب تتحرك حول ذرات الفولاذ فيما يسمى بالمغناطيس الدائم. وهذه الكهارب المتحركة تحدث اضطرابا فى الأثير المحيط فتنتج تلك الحالة التى نسميها المجال المغناطيسى. ثم إنه عند ما يغمر ملف السلك على عجل فى هذا الأثير المضطرب نرى نشاطا فجائيا بين الكهارب المحيطة بذرات النحاس فى السلك. وتندفع الكهارب من ذرة الى ذرة ، وهذه الكهارب المتحركة تكوّن ما نسميه التيار الكهربائى .

وظاهر أنه لا يهم مطلقا سـواء حركنا ملف السلك فى جوار المغناطيس أم حركنا المغناطيس فى جوار الملف . والأسهل عادة أن نحرك الملف وندع المغناطيس ساكنا .

ويلذ الأنسان أن يتخيل صورة ذهنية واضحة للطريقة التى تسلكها الكهارب فى ملف سلكى عند ما يدخل المجال المغناطيسى ويخرج منه. اذا وضعنا نصب أعيننا المثل التقريبى السابق ، مثل الراكب الواقف فى عربة القطار المرتج ، نتصور الكهارب فى السلك المتحرك تعانى هزة فجائيـة فى اتجاه معين عنـد ما تدخل المجال المغناطيسى ثم هزة فجائية فى الاتجاه المضاد عندما ننزع السلك من المجال المغناطيسى . وقد رأينا التأثير الذى يحدث فى سلك عند ما تدفع الكهارب فجأة الى الحركة وتقف فى سلك مجاور. وجدنا فى هذه الحالة أن الأثر الناشئ عن الوقوف المفاجئ للكهارب كان أعظم بكثير من الأثر المسبب عن الابتداء التدريجى . ولكن الظروف فى هـذه الحالة مختلفة اختلافا تاما. فان الكهارب المنتجة للمجال المغناطيسى فى حركة دائمة منتظمة داخل المغناطيس الفولاذى ، وانمـا الذى يدخل فى مجال مغناطيسى فجأة ثم يسحب هو كهارب السلك النحاسى. ودرجة المباغتة التى تدخل بها الكهارب فى المجال المغناطيسى كدرجة المباغتة التى تخرج بها من هذا المجال تمـاما ، ولذا فان الكهارب فى هذه الحالة تندفع من جهـة واحدة ، كما تندفع فى الجهة الأخرى تمـاما واذا ظل الملف دائرا بانتظام بحيث يدخل السلك فى المجال المغنـاطيسى ويخرج بسرعة ثابتـة تحدث حركة منتظمة للكهارب فى السلك تنـدفع فيها للأمام وللخلف . هذا الترجح السريع الى الأمام والخلف فى الكهارب هو ما نسميه تيار الكهربائية المتغير .

والدينامو (Dynamo) عبارة عن آلة بسيطة فيها ملف سلك يسمى الدرع (Armature) يدار بسرعة بين قطبى مغناطيس قوى ، ويوجد فى درع جميع أنواع الدينامو ذلك التيار المترجح أو المتبادل

أى تموّج الكهارب للأمام والخلف . وقد نستطيع كما شرحنا عندما تناولنا الجانب العملى لهذا الموضوع فى الكتاب الأول من هذه السلسلة وهو كتاب « كهرباء اليوم » أن نسحب هذا التيار المترجح الى المصب main الكهربائى أى الأم أو أن نستطيع بواسطة محول كهربائى Commulator أن نحمل هذا التيار المتبادل فى الدرع على احداث تيار مباشر فى المصبات أى الأمهات الخارجية .

والدينامو خير وسيلة استكشفت لدفع الكهارب الى الحركة على نطاق واسع . واذا كنا لا نريد الا تيارا صغيرا فالأسهل أن نبعث الكهارب على الحركة بالوسائل الكيمياوية كما فى البطارية العادية ، أما اذا أريدت تيارات كبيرة فلا بد من الاعتماد على الحركة الآلية للدينامو .

فى البطارية نجد الطاقة الكيمياوية تتحول الى طاقة كهربائية ، أما فى الدينامو فانا نجد الطاقة الآلية تتحول الى طاقة كهربائية . فمن الطبيعى والحالة هذه أن نتساءل : ما كنه الطاقة ؟

الباب التاسع

ما هى الطاقة ؟

الطاقة فى أشكال مختلفة – تعريف الطاقة – نقل الطاقة – الطاقة نقطة كالمادة لا تفنى – معنى الطاقة الحركية والطاقة الموضعية – الطاقة الحرارية – الطاقة الاهتزازية للعضل — الحركة — لماذا لا تتخطى درجة حرارة الماء نقطة الغليان — تحول الطاقة — الطاقة الكيمياوية والطاقة الكهربائية — حفظ الطاقة .

كان الممثل المتشكل الذى يظهر فى صور مختلفة ، من عوامل التسلية لأجدادنا ، بل لا يزال يبدو فى عصرنا هذا فى الحفلات . كان هذا النوع أحيانا يمثل أربع شخصيات مختلفة أو خمسا فى فصل واحد . يكون أمام الجمهور فى زى غلام عابث "شقى" ثم تراه يتصنع الاصغاء الى صوت جده آتيا صوبه ، فيجرى مختفيا وراء قطعة من أثاث الغرفة ثم ترى الباب قد فتح من فوره ، ودخل أمامك رجلا عجوزاً ، وحقيقة كان يتغير ويتشكل بسرعة لا يكاد يصدق الانسان معها أن شخصا واحدا كان يمثل الشخصيتين . وكذلك الطاقة فانها ممثل متشكل عظيم ، فهى تبدو فى ثمانية صور مختلفة على الأقل وتغيراتها من حال الى حال تكون فجائية .

ان التعريف المعتاد للطاقة هو أنها المقدرة على أداء عمل ، ونقول إن شغلا قد أدّى عند ما يُتغلب على قوّة خلال حيّز . وسيلاحظ أن لكل من كلمتى "طاقة" (Energy) و "قوّة" (Force) معنى مميزا فى العلوم وان كنا نستعمل أحيانا فى الكلام العادى كلا منهما للأخرى . القوّة هى أى سبب يغير حالة سكون الجسم أو حالة انتظام تحركه فى خط مستقيم . والى هنا يمكننا أن نقول إن القوّة هى الاستطاعة أو القدرة على دفع الأجسام الى الحركة .

ولكن هذا ليس كل أمرها . فانه اذا كان جسم متحركا بالفعل فانا نحتاج الى بذل شيء من القوّة لوقفه . يحتاج الأمر الى شيء من القوّة لوقف كرة قدم دفعت الى الحركة بلكزة قوية . ولاعبو الكريكيت يعرفون مقدار صعوبة وقف كرة مندفعة توا من مضرب لاعب قوى .

ونحن نعلم أن العبارة السابقة هى أول قانون للحركة وضعه فى صورته البينة (سير اسحق نيوتن) منذ أكثر من قرنين ، ومع أن قوانين الحركة الثلاثة التى وضع عبارتها نيوتن بوضوح تعرف بقوانين نيوتن ، فانه مما يلذ القارئ معرفته أن هذه القوانين انما استكشفها غاليليو الشيخ المسكين بعد ما قاسى أنواع الويل على يد محكمة التفتيش . ذلك انه فى الوقت الذى وضع فيه نيوتن كتاباته الشهيرة على الحركة كان غاليليو فى السجن تقريبا اذ أنه أمر أن لا يغادر داره ولا يقابل زائرا .

منذ سنة ١٦٤٨ أبدى مؤلف كتاب " السحر الرياضى " (Mathematicale Magick) أن نَفَس الانسان اذا استعمل خلال جهاز مناسب من العجلات والبكر يستطيع أن يقتلع شجرة بلوط عظيمة ، وإن كان يلاحظ أن قوّة النفس ذاته ليست ذات فائدة عملية للقيام بهذا الغرض ، اذ أنها تتطلب مداومة استعماله مدى ستمائة ألف سنة قبل أن يعطى الطاقة اللازمة بهذه الطريقة .

عند ما يكون لاعب الكرة على وشك أن يلكزها توضع الكرة ساكنة على الأرض ثم يعمل اللاعب حركة أمامية سريعة بقدمه و يفرغ طاقة عظيمة على الكرة . وفى البليارد مثل صالح جدا لبيان حالة نقل الطاقة من جسم الى جسم ، فان الكرة المتحركة بسرعة تضرب كرة ساكنة ضربة كاملة ، فعندئذ تنتقل الطاقة كلها فيما يلوح الى الكرة الثانية وتقف الأولى بغتة عن الحركة .

ولا يشق علينا ادراك أن الطاقة ممكن نقلها من جسم الى جسم ، ولكن هذا الانتقال لايحدث بلا تحديد بدون حدوث فقدٍ ظاهر . تصوّر صفا طويلا من كرات البليارد موضوعة على خطٍ مستقيم واحد وكل منها واقعة على مسافة صغيرة من جارتها . وتصوّر أن الكرة الأولى تضرب الثانية ضربة كاملة وتسلم اليها طاقتها وأن الثانية تُمِرُّ هذه الطاقة الى الثالثة وهكذا على طول الصف . ولكن عندما تنتقل الطاقة الى الكرات البعيدة نشاهد نقصا خطيرا فى مقدار الطاقة المبذولة ،واذا كان الصف طويلا طولا كافيا فان الطاقة جميعها تتبدد نهائيا ، ولا يمكننا أن نقول انها انعدمت ، لأننا لا نستطيع أن نعدم طاقة أو نخلقها كما لا نستطيع أن نعدم أو نخلق الذاتيات الأخرى ، المادة والأثير . انا قد ألفنا القول بأنه لما خلقت الدنيا وضع مقدار محدود من المادة فى هذا الكوكب ؛ ويجب علينا أن نألف كذلك القول بأنه قد وضع أيضا مقدار محدود من الطاقة فى هذه الدنيا يوم خلقها . ولا يمكننا أن نزيد المجموع الكلى للمادة ولا أن ننقص منه ؛ وانما يمكننا أن نحولها من نوع الى نوع . وكذلك الأمر فى الطاقة ، فاننا لا نستطيع أن نزيد فى مجموعها الكلى أو ننقص منه بل انما نستطيع أن نحولها من نوع الى نوع .

قلنا إنه لما أمرت الطاقة التى انتقلت من أول كرة فى البليارد الى ما بعدها فما بعدها وهكذا اختفت فى النهاية ، فأين ذهبت ؟ لا بد أنها موجودة لأنها غير قابلة للفناء . انها تحوّلت الى صورة من الصوت والحرارة . وسنفهم هذا الأمر بوضوح اذا كنا نتناول أولا مختلف الأشكال التى قد تأخذها الطاقة .

ان أبين الصور التى تأخذها الطاقة هى طاقة المادة المتحركة . ولا بد لنا من أسماء محدودة نطلقها على الطاقة فى صورها المختلفة . ويمكننا أن نسمى هذه الصورة : طاقة الحركة (Energy of motion) ويتضح لك هذا المعنى اذا نحن ضربنا مثلا، فكرة البليارد فى تحركها تكون لها طاقة حركة، فتكون لها المقدرة على دفع كرات البليارد الأخرى الى التحرك[١] .

عند ما نريد أن نمدّ سهما بطاقة حركة نشدّ القوس، ثم نطلقها بجأة، فينطلق السهم وبه طاقة حركية بالغة، والقوس هى التى دفعت السهم الى الحركة . ولذا فان القوس المتوترة لا بد أن يكون بها بعض طاقة . وقد تسمى هذه الصورة "طاقة التوتر (الانفعال) (Energy of Strain) ولكن بما أن التوتر (الفعلى) ليس ظاهرا فى كل الأحوال فقد سميت هذه الطاقة باسم مميز : سميت الطاقة الموضعية (Potential Energy) ولكن هذه التسمية لا تبدو للانسان فى أول الأمر واضحة الدلالة، اذ الواقع أن الانسان قد يميل الى اعتبار أن السهم الطائر له أيضا طاقة موضعية لما به من قدرة ولكن هذا يكون خطأ فى استعمال الكلمة . إن الطاقة الموضعية هى الاسم المعطى لتلك الصورة من الطاقة التى لا يقتصر تمثيلها على التوتر أو بحدوث مسخ فى الصورة، بل تتعدّاه الى طاقة أى جسم موضوع فى مركز يستطيع فيه أن يعمل شغلا

(١) لهذه الصورة من الطاقة تسمية خاصة أكثر تمييزا لها هى : الطاقة الحركية (Kinetic Energy) (كيناتيك) وهى مشتقة من كلمة كينيو الأغريقية (Keneo) ومعناها أتحرك، ولذا يسمى الفرع التمهيدى فى علم الآليات، الميكانيكا (Mechanics) — وهو الذى يبحث عن الحركات (كيناماتيك) — (Kinamatics) ونحن نلاحظ معنى الحركة فى كلمة كيناماتوغراف (Kinematograph) وان كانوا يكتبونها فى الغالب سيناماتوغراف (Cinematograph) —

اذا هو أطلق سراحه . فعند ما نرفع أثقال ساعة حائط قديمة مثلا فاننا نعطى بهذا الرفع الى الأثقال طاقة موضعية وان كنا لا نستطيع أن نزعم وجود أى توتر فى هذه الحالة كما يحدث مثلا عند ما نلف زنبرك ساعة الجيب . ففى الحالة الأخيرة يكون التوتر الحادث فى الزنبرك ظاهرا جدا ونقول ان له طاقة موضعية . وظاهر أنه يمكن تحويل الطاقة الموضعية الى طاقة حركية ، وبعبارة أخرى ان طاقة الانفعال يمكن تحويلها الى طاقة الحركة . راقب القوس المتوترة والسهم والأثقال المرفوعة واقعة عند ما تخلى اليد منها وهكذا . وفى ظنى أننا اذا فهمنا أن جميع صور الطاقة تأتى فى واحدة من هذين الفريقين من الصور أمكن تسهيل الأمر على الذهن . فالطاقة اما حركية أو موضعية ، فان القدرة على القيام بشغل لا يمكن أن يحصل عليها الجسم الا اذا كان فى حركة أو فى حالة انفعال ، وقد نتكلم عن طاقة جذب الأرض ولكن ليس هذا فى الحقيقة الا تفريع ، اذ يظن أنها انفعال فى الأثير . فنحن نشدّ الحجر مبعدين به عن الأرض والأرض تشدّه اليها بالتالى .

وتأمل حركة أى رقاص «بندول» فعند ما يكون معلقا فى سكون لا تكون به طاقة ولكنا عند ما نشدّه الى أحد الجانبين نرفع طرفه المثقل ضد جاذبية الأرض ، ونبذل شيئا من الطاقة فى سبيل ذلك . وفى هذه الحالة نكون قد أعطينا البندول طاقة انفعال أو طاقة موضعية تتحوّل عند ما يخلى سراح الرقاص الى طاقة حركة . ويلاحظ أنه أثناء سقوطه يفقد طاقته الموضعية على التدريج ويكتسب طاقة حركية ، تحمله الى ما وراء موضع سكونه ويرتفع فى الجانب الآخر المقابل لما بدأ منه . وكلما ارتفع يفقد طاقته الحركية على التدريج ويكتسب طاقة الانفعال ، حتى اذا بلغ أعلى نقطة فى ترجحه يكون قد فقد طاقته الحركية جميعها ، ولا تكون به الا طاقة موضعية ،

ثم يمر فى نفس حلقة التحولات ثانية . وتسرى نفس قوانين الحركة هذه سواء تناولنا كتلا منظورة من المادة أم جزيئات وذرّات غير منظورة . فان هذه الحركة الترجحية للبندول تمثل حركة الذرّة المهتزة . فالذرّة تشتمل على طاقة متغيرة على الدوام من حركية الى موضعية كما رأينا البندول بالضبط . وقد سبق لنا أن رأينا أن درجة حرارة الجسم ترجع لمعدّل سرعة اهتزاز ذرّاته . ولذلك نسمى طاقة الذرّات المهتزة " بالطاقة الحرارية " (Heat Energy) فالطاقة الحرارية ليست الا حركة اهتزازية مصغرة جدا ولكن هذه على كل حال صورة من الطاقة متميزة عما سبق . فلنتتبع ما يحدث من التحوّلات حتى نصل الى الطاقة الحرارية . نضرب مثلا : مطرقة ثقيلة مرفوعة فوق قطعة من الحديد . المطرقة وهى مرفوعة بها طاقة موضعية وعند ما تخلى تبدى طاقة حركية تختفى عند ما تقع المطرقة المتحركة على الحديد . على أننا نجد أن درجة حرارة الحديد قد ارتفعت ، اذ تكون ذرّاته قد زادت طاقتها . واذا ضاعفنا هذا الأثر بتكرار الطرق تصبح الزيادة فى الطاقة الحرارية واضحة جدا . ولكن درجة الحرارة ترجع بعد ذلك تدريجا الى الدرجة المعتادة . فأين ذهبت هذه الطاقة ؟ يمكننا أن نقول انها تبدّدت أو تشععت فى الفضاء ، ولكن لا مشاحة فى أنها مع ذلك موجودة وان كنا قد لا نستطيع تبينها حتى بأقوى الأجهزة .

ومن الجلى جدا أن المطرقة عند ما تقع على قطعة من الحديد وتسخنها لا يكون هناك الا تغير فى صورة الطاقة . أما الطاقة الابتدائية فلم تضع ، فقد تسرى هذه الحرارة بوسيلة ما الى أجسام أخرى يكون الحديد متصلا بها ، ولكنا نجد فى النهاية أن الحرارة قد تشععت فى الفضاء . وهنا نعجز عن تقصيها . انما نستطيع

أن نقول انها انضمت الى الخزان الأعظم للطاقة غير المنتفع بها .
وقد نتصور أنهـا ذهبت لتزيد فى حرارة كوكبنا كما يتصور الواحد ارتفاع مستوى البحر فى الدنيا عنـد ما يزيد على المحيط ملء دلو من المـاء. ولا أدرى كم منا من أدهشه فى أبحاث صباه أن المـاء فى الضغط الجوى العادى لا يمكن أن تزيد درجة حرارته على ٢١٢ درجة بمقياس فهرنهيت (١٠٠ درجة مئوية) انى لا أزال أتذكر حيرتى فى أمر هذه المسألة وزعمى اذ ذاك أننا اذا استمررنا فى اضافة حرارة الى المـاء بعد بلوغه درجة الغليان أمكننا أن نجعله أشد حرارة . على أن حل أمثال صعوبات صبانا هذه بسيط جدا . فان المـاء عند ما يتخطى العلامة التى تسمى درجة الغليان ، لا يكون ماء سـائلا بل يصبح بخارا . وبعبارة أخرى ان جزيئات المـاء يمكن أن تماسك بعضها مع بعض الى درجة محدودة من الاهتزاز ولكنها اذا تجاوزت ذلك ذهب تمـاسكها فتبقى الجزيئات فى حالة السيولة الى درجة الغليان . أما بعد ذلك فانها تنتقل الى حالة الغازية . على أن انطلاق الجزيئات هذا لا يحدث الا على السطح الخالص للمـاء، ولذلك يبقى جرم المـاء جميعه فى درجة الغليان ، وكل زيادة فى الحرارة تعمل على اطلاق الجزيئات عند السطح . ومن البدء حتى درجة الغليان نرى تحولا بسيطا فى الطاقة الحرارية من ينبوع الحرارة — النار مثلا — الى جزيئات المـاء . وبعد ذلك يلوح كأنمـا يحدث اختفاء لمقدار من الطاقة، ولكنا نعرف أن هذه الطاقة تبذل فى تفريق الجزيئات بعضها عن بعض حتى لا تستمر على التمـاسك بعضها ببعض فى حالة سيولة، بل تصبح مفترقة على الحالة الغازية للمـادة . ونعرف جيدا أن هذه الطاقة لا يمكن أن تكون قد اختفت فى الحقيقة ، ولذلك نقول إنها تحولت الى حرارة كامنة (Latent Heat) .

على أنا نشك فى صـلاحية كلمة حرارة كامنة، فقد تؤدى معنى صورة الطاقة الخامدة وهذا لا يمكننا فى الواقع أن نتصوره . حقا إن هـذه الطاقة لا بد أن توجد على صـورة حركة فى شكل من الأشكال . وعندنا مثل هذا الشك فى الطاقة الموضعية. فان الطاقة فى هاتين الحالتين لا يمكن أن تكون نائمة بل لا بد أن تكون هناك حركة ، وان كانت وراء علمنـا . اذا قرأ الانسان مقالة المرحوم الأسـتاذ تيت (Tait) عن الميكانيكيات فى دائرة المعارف البريطانيـة يجد أنه كان متأثرا بفكرة أن الحركة لا بد أن تكون محتبسة بشكل خفى فى الحالة التى نسميها الطاقة الموضعية .

وذهب البعض الى أن الطاقة العضلية مسببة عن حركة العضل الاهتزازية . ولقد بين الدكتور ولاسـتون (Dr.Wallaston) منذ قرن أن العضلات تهتز اذا هى بقيت فى حالة توتر . وقد استقصيت الاهتزازات فى عضلات شخص يحمل وزنا ثقيلا بأن وضع الملاحظ أذنه على العضلات فوجد أن هناك صوتا محدودا يسمع اذ كانت العضلة المهتزة تعمل كشوكة رنانة فى صورة معدلة. والأبحاث الفسيولوجية الناتجة من هذه الحقائق شائقة جدا ولكن كل مايسعه مجال الكلام هنا هو ملاحظة أن العضلات المنقبضة تكون فى حالة حركة فعلية .

أين نجـد حالة السكون ؟ ممـا رأيناه فى صـدد تركيب الذرة يتضح أن وجود الذرة نفسه يتوقف على الحركة المستمرة السريعة للكهارب فيها . تذكر مثل الكنيسة الذى أوردناه فى ختام الباب الثالث ثم فى مفتتح الباب الرابع . هناك نرى مجرد حفنة مبعثرة من البقع أو النقط شاغلة كل مكان الكنيسة بدوام تحركها . جردها من الحركة، هنالك يمكننا أن نتصور النقط كلها مالئة وعاء صغيرا

بعـد أن كانت تملأ فراغ الكنيسة كلها . فأى مقدار من الذرة هو حركة فعلا ؟ وثانيا ، اذا كان الكهرب على زعمهم ليس فى الحقيقة الا الأثير، فى حالة حركة، أو أنه كما فى نظرية مندليف جسيمات من الأثير، فكم من الكهارب الأساسـية حركة ؟ . ان كون الطاقة لا يمكن خلقها ولا يمكن فناؤها يساعدنا فعلا على ادراك أنها شىء حقيقى .

وسنتناول واحدة أو اثنتين فقط من الصور الظاهرة للطاقة . نحن لا يمكننا أن نغفل الطاقة الكيماوية، فان من المؤكد أن فيها لذة لنا، لما نراه على الدوام من بيناتها . نحن نعرف أن كثيرا من المواد تتحد بطريقة هادئة و بلا اعتراض . وعندنا حالة من قبيل هـذه تحدث عند ما تقع طاقة أمواج الضوء على المواد الكيماوية . ولكنا من جهة أخرى نعلم بحدوث اتحادات كيماوية فعالة جدا فى اسطوانات السيارات الحديثـة التى تسير بالبترول، ونعرف أن كل التفرقعات مسببة عن الاندفاع الفجائى للذرات الكيماوية حين تحولها فى طائفـة من الجزيئات الى أشكال غازية أخرى تملأ فراغا أكبر منها بكثير. ولا نجد صعوبة فى ادراك أن هناك مايقال له الطاقة الكيماوية، فهى عبارة عن طاقة تدفع الذرات من جزىء الى آخر. اذن فما ظننا بالطاقة الكهربائية ؟ . اذا تذكرنا أن التيار الكهربائى عبارة عن نقل الكهارب من ذرة الى ذرة صح أن نقول ان الطاقة الكهربائية تدفع الكهارب عن الكرة الموجبة فى الذرة .

وعلى ذكر هـذا يلذنا أن نلاحظ العلاقة الشديدة بين الطاقة الكيماوية والطاقة الكهربائية فى البطارية العادية . يتذكر القارئ مما مضى من البحث فى البطاريات الكهربائية فى الباب الخامس أن الذرات تنطلق من لوحة الخارصين الى السائل، وهناك تكون

اتحادات كيماوية جديدة، وأن هذه الذرات المنطلقة، فضلا عن هذا، تترك وراءها كهاربها القابلة للانفصال، ولذلك يحدث تراكم من الكهارب على لوحة الخارصين . وقد رأينا هذه الكهارب المتراكمة تنتقل باطراد من ذرة الى ذرة فى السلك الذى يصل لوحة الخارصين، أى عنصره الى الكربون أى العنصر الآخر فى البطارية . وهذه الطاقة الكهربائية تستمر مادامت التغيرات الكيماوية تجرى فى البطارية . ولذلك نقول ان عندنا فى البطارية طاقة كيماوية متحولة الى طاقة كهربائية، أو بعبارة أخرى، ان حركة الذرات فى البطارية تحدث حركة فى الكهارب على امتداد السلك . وفى حمام الطلاء الكهربائى (Electro-plating) يحدث عندنا عكس هذه الحالة تماما . فنحن نحرك الكهارب فيه على امتداد الدورة السلكية الى واحد من الأقطاب الكهربائية الموجودة فى السائل ، وهناك يحدث تفاعل كيماوى ، فذرات الفضة أو غيرها من الفلزات المشتمل عليها السائل ترسب على سطح الشىء العامل اذ ذاك عمل القطب المؤدى الى الخارج .

وفى الدينامو ترى الطاقة الآلية تتحول الى طاقة كهربائية، وهذه فى دورها قد تتحول الى طاقة حرارية فى الأتون الكهربائى، أو أن الطاقة الكهربائية قد تنقل الى مسافة بعيدة ثم تحول مرة أخرى الى حركة آلية بواسطة محرك كهربائى . وقد تحوّل الطاقة الحركية من مسقط مائى الى طاقة آلية بواسطة عجلة المعامل القديمة الطراز [1] ويمكننا أن نبحث طائفة بعد طائفة من أنواع التغيرات

(١) كانت الأنوال والمغازل تدار قبل اختراعات الآلات البخارية فى بعض المعامل بقوة سقوط المياه على عجلات ذات مراوح أو جيوب ، واذ تدفعها تدير محورها فيحرك آلات النسيج — المعرب

ولكن هذه التغيرات كلها من الظهور بحيث لا يحتاج الأمر الى مواصلة البحث فيها .

ويجب أن نتذكر أنه فى أثناء حدوث هذه التغيرات فى الطاقة يفقد جزء من الطاقة الأصلية . وانما نقول "يفقد" لعجزنا عن الحصول منها على شغل ، اذ الطاقة لا تنعدم . ولذلك فاننا نسميه بقاء الطاقة (Conservation of Energy) ونسمى هذا أحد قوانين الطبيعة . على أنه يجب علينا أن نتذكر أن هذه القوانين هى من وضع الانسان ، وأنها ليست إلا نظريات يبدو لنا كمالها . وعلى هذا الاعتبار رفعناها الى مستوى أعلى من مستوى مجرد النظريات . وقد يأتى علينا يوم نرى فيه أن ما نسميه قوانين الطبيعة يعوزه التعديل والاصلاح .

فى الباب الحالى حاولنا تتبع تحولات وانتقالات الطاقة فى المادة لا فيما يختص بالمادة المنظورة وحدها ، بل وما يختص بالذرات والكهارب التى تتضمنها المادة أيضا . بيد أن الطاقة لا تقتصر على هذه الصور التى كنا بصددها ، فهى تتلبس عدة صور خارجة عن المادة بتاتا فى أثير الفضاء ، فان هذا الوسط ذا الأهمية العظمى قادر على أن ينقل الطاقة على مدى ملايين الأميال كما سترى فى الباب الآتى .

وحالنا اليوم هو أننا نستطيع أن نحلل الكون الى مادة ، وأثير ، وطاقة . ولكنا لا نستطيع أن نقول بالضبط شيئا عن ماهية أى واحد من هذه الذاتيات الثلاث . قد نمعن فى تفسير المادة حتى لا يكون عندنا من أمرها الا الكهربائية كما رأينا فى الأبواب السابقة ، ولكن يبقى عندنا سؤال بعد ذلك ، على كل حال هو : ما هى الكهربائية ؟

قد يلذ القارئ فى ختام هـذا الباب أن يضع الصور الرئيسية المختلفة من الطاقة فى شكل جدول ، وقد يرى بعضهم أن يضيف الى الصور المذكورة فى القائمة الآتية طاقة جذب الأرض ، وطاقة التماسك ، والطاقة الآلية ، والطاقة العضلية وهكذا . على أن هذه يمكن وضعها تحت غيرها من الصور المدرجة فى القائمة التالية .

الصور الرئيسية للطاقة

الطاقة الحركية	مثل الرصاصة الطائرة .
الطاقة الموضعية	« ثقل ساعة مرفوع .
الطاقة الانفعالية	« زنبرك ساعة مشدود .
الطاقة الكيماوية	« البارود .
الطاقة الضوئية	« الفوتوغرافية «التصوير الشمسى» .
الطاقة الحرارية	« الشمس .
الطاقة الكهربائية	« التيار الكهربائى .
الطاقة المغناطيسية	« مغناطيس يرفع قطعة من الحديد .

الباب العاشر

أمواج الأثير

الأمواج على سطح الماء — الاهتزازات المستعرضة — سرعة سير الأمواج الأثيرية — ماذا تكون أنواع الأمواج الأثيرية المختلفة — نقل الطاقة بواسطة الأمواج الأثيرية — الطاقة المحمولة من الشمس الى كوكب أرضنا — الضوء يبدى ضغطا آليا . لماذا تتقدم أذيال المذنبات رأسها أحيانا — مختزن الطاقة فى باطن الذرة — الطاقة الهائلة للجسم المتحرك بسرعة .

بما أنه لم يحدث أن رأى أحد أو يمكن أن يرى الأمواج التى توجد فى الأثير ، ذلك الوسط غير المنظور ، فلا بد لنا من الالتجاء الى قوتنا التخيلية . الأمواج التى تكون على سطح البحر مرئيات عادية لدينا جميعا ، ولكنها لا تهيئ لنا مثلا صالحا جدا عن الحركة الموجية للسبب الآتى :

كثيرا ما نتكلم عن أشياء اكتسحتها الأمواج الى الشاطئ كأنما الأمواج قد جلبتها من مسافة بعيدة . والواقع أن الريح هى القوة التى دفعتها . ولذلك سنجد فى البركة الراكدة مثلا للحركة الموجية أصلح ، اذ نستطيع أن نحدث فى سطحها الأملس صورا من التجعد أى التموج اللطيف .

تلق قطعة من الخشب فى وسط البركة فنرى أمواجا مصغرة منتشرة الى الخارج على شكل دوائر يتبع بعضها بعضا على فترات منتظمة . واذا كانت البركة صغيرة فان الموجة الأولى لا تستغرق وقتا طويلا فى بلوغ الشاطئ يتبعها غيرها فى أثناء ذلك فى سير منتظم . أما قطعة الخشب فتبقى عند وسط البركة . واذا كنا قد

وضعنا قطعا من الفلين الذى تصنع منه السدادات، وكان وضعها على نقط مختلفة من سطح المـاء فان الأمواج لا تدفع بها نحو الشاطئ مطلقا. وانمـا تعلو السدادات وتنخفض وهى فى مكانها. واذا تكلمنا عن هذا بلغة علمية قلنا إن السدادات قداهتزت فى اتجاه مستعرض. ونعنى بقولنا "مستعرض" أنها قددارت عبرمسار الحركة. هذه هى أنواع الأمواج التى سنتناول بحثها فى الأثير، ولذلك نطلق عليها اسم الاهتزازات المستعرضة (Transverse Vibrations)

اذا نظرنا الى الأمواج الحادثة على البركة نجد أن الحركة الموجية (Wave Motion) سائرة من مركز البركة الى حافتها فى حين أن اهتزاز السدادات ، وكذا الجسيمات المـائيـة تبعا لهـا تكون الى أعلى وأسفل أى على زاوية قائمـة مع اتجاه الحركة الموجية . كل هذا بسيط جدا ولكن ما لم يضع المبتدئ مثل البركة نصب عينيه فهو عرضـة الى الظن بأن هناك شيئا غامضا فى مثل قولنا "ان الضوء عبارة عن اهتزازات مستعرضة فى الأثير". حقيقة المسألة أن الانسان يعى بفطرته هذا النوع من الحركة الموجية أ كثر من وعيه غيرها وهنا الحركة الاماميـة الخلفية للجسيمات التى نرى مثلها فى ترجح الناس فى الزحام ؟ أو بمـا هو أفعل من ذلك مثلا ، فى حركات نابض لولبى طويل . فى هذه الحالة تكون عندنا حالات من الضغط والتخلخل ، ويستطيع الانسان فى حالة النابض اللولبى الطويل أن يرى أمواجا من الحركة مارة على امتداده من طرف الى طرف. واذ أن الاهتزازات الامامية الخلفية هى فى نفس اتجاه الحركة الموجية فانا نسميها الاهتزازات الطولية (Longitudinal) وأمواج الصوت فى الهواء وفى غيره من المواد هى من هذا النوع. وعلى كل حال فان كل الأمواج التى فى الأثير هى اهـتزازات

مستعرضــة فلا يهمنا الا هــذا النوع من الاهتزازات فى الوقت الحاضر . وسنحاول من أجل هــذا أن نبق التموجات التى تحدث على سطح البركة الملساء نصب أعيننا .

ذكرنا باختصار فى أحد الأبواب السـابقة مختلف الأمواج الأثيرية . ذكرنا الأمواج الضوئية والأمواج الحرارية المتشععة ، والأمواج الكهربائية . ولتسهيل العبارة قلنا ان هذه أنواع مختلفة من الأمواج وأريد بهذا أن خواصها متباينة . ولكننا سنرى أنها جميعها من طبيعة واحدة ، فهى كلها اهتزازات مستعرضة كما نرى فى بركة المـاء ، واذ أن كل الأمواج الأثيرية من هذا النوع وأنها جميعا تسير بسرعة واحدة فظاهر أنهـا اذا اختلفت فانمـا يكون ذلك فى مقدار سرعة تتابعها بعضها وراء بعض . وبعبارة أخرى إن الفرق الوحيد بين الأمواج الضوئية والأمواج الحرارية الاشعاعية هو فى مقدار المسافة الواقعة بين الأمواج المتتابعة من كل فريق . لنفرض أن لدينا عوّامة أو غطاسة (Plunger) من نوع من الأنواع ذات يد متصلة بها ، بحيث يمكننا أن نحركها الى أعلى أو الى أسفل عند مركز بركتنا الخيالية ذات المـاء الراكد . فاذا حركنا الغطـاس فوق وتحت ببـطء عظيم فان الأمواج يتبع بعضها بعضا على مسافة عظيمة بعضها من بعض ، أما اذا كانت حركات الغطاسـة سريعة فان الأمواج أو التجعدات يتبع بعضها بعضا على التقارب ، وعليه يصل الى الشاطئ فى الدقيقة الواحدة عدد من الموج أكثر منه اذا حركت الغطاسة بسرعة . ولكى نقارن مختلف طوائف أى قطارات الأمواج نقيس المسافة الواقعة بين قمة (Crest) موجة وقمة الموجة التالية ، ولا فرق بالطبع فيما اذا قيست المسـافة من تجويف (Trough) احدى الموجات إلى تجويف

الموجة التالية وما اذا قسنا المسافة بين نقطتين متعادلتين فى موجتين متجاورتين . هذا هو مانسمية الطول الموجى (Wave-length) . وسيلاحظ أن لا دخل لهـذا الطول مطلقا فى طول مقدم حافة الموجة انما نعنى بالطول الموجى مسافة ما بين موجتين متتابعتين . على أنه يجوز أن يفضل بعض القراء تسمية ذلك عرض الموجة أو سعتها .

عند ما هززنا الغطاسة بسرعة أحدثنا أمواجا قصيرة الطول . ونرى أن هناك علاقة بيّنة بين سرعة، أى اهتزاز (Frequence) أى تردده و بين طول الأمواج الحادثة . فكلما زادت سرعتنا فى هز الغطاسة كانت الأمواج الحادثة أقصر . و بما أن سرعة جميع الأمواج الأثيرية واحدة فان العلاقة بين تردد الأمواج والطول الموجى الحادث بسيطة جدا . فى كل ثانية من الوقت تجرى كل موجة أثيرية مسافة قدرها ١٨٦٠٠٠ ميل ولذلك فانه اذا بعثت ألف موجة بواسطة مثير الاهتزاز (Vibrator) فى ثانيـة واحدة تكون الموجة الأولى قد قطعت مسافة ١٨٦٠٠٠ ميل عندما تكون الموجة الأخيرة على أهبة الانطلاق . و بعبارة أخرى يكون هناك ١٠٠٠ موجة منتشرة بالتساوى على مدى ١٨٦٠٠٠ ميل . ولسنا فى حاجة الى الدواة والقلم لنعمل حساب الطول الموجى فى هـذه الحالة ، لأنه اذا كانت ألف موجة تشغل ١٨٦٠٠٠ ميل فظاهر أن كل موجة تشغل مسـافة ١٨٦ ميلا . وعليه نقول ان الطول الموجى فى هذه الحالة كان ١٨٦ ميلا .

بعض الأمواج الأثيرية المستعملة فى التلغرافية اللاسلكية يقاس بالأميال فى حين أنه قد قيس من الأمواج الأثيرية من جهة أخرى ما هو من القصر بحيث لا يبلغ الا جزءا من مائتى ألف وخمسين

ألف جزء من البوصة . ولا شك أن من المستحيل ادراك صغر مثل هذه الأبعاد ، ولكننا نستطيع أن ندرك عظم مدى الأطوال الموجية المختلفة الموجودة فى الأثير .

قد رأينا أن كل الفرق الذى يوجد بين أى موجة أثيرية وأخرى هو فى طولها ، أى فى التباعد الحادث بين الأمواج ، وعليه يجب بطبيعة الحال أن يكون هناك فرق مقابل فى تردد الاهتزازات أى عددها فى الثانية . ومن العجيب أن تكون لهذه الأمواج الأثيرية تلك الخواص المتباينة أشد التباين ، وهى لا تختلف بعضها عن بعض الا على تلك الصورة .

واذا ابتدأنا بأطول أمواج الأثير نجد أن هذه تؤثر فى الكشافات المستعملة فى التلغرافية اللاسلكية . وقد رأينا أن هذه الأمواج الكهربائية يمكن أن يكون البعد بينها بالأميال فى حين أن غيرها قد تكون من التقارب بحيث تشمل البوصة ست موجات منها . ومع ذلك تكون هذه طويلة جدا بالقياس الى غالب الأمواج الأثيرية . وعند ما يكون مقاس الأمواج الأثيرية بضعة أجزاء من ألف من البوصة تحدث تأثيرات حرارية ونسميها اذ ذاك أمواج الحرارة الاشعاعية (Radiant Heat Waves) وما دامت الأمواج أطول من جزء من ثلاثين ألف جزء من البوصة فانا نسميها أمواج الحرارة المظلمة (Dark Heat Waves) لأنها لا تؤثر فى بصرنا ولكنها بمجرد أن تتخطى هذا الحد الفاصل تؤثر فعلا فى نواظرنا ، وتحدث عندنا احساس الضوء الأحمر عندما يكون فى البوصة منها أربعة وثلاثون ألف موجة . واذا قصرت الأمواج عن هذا بعض القصر ، أى تقاربت ، فانها تحدث احساس اللون البرتقالى ، واذا تزايدت فى القصر أحدثت

احساس اللون الأصفر ثم الأخضر ثم الأزرق ثم النيلى ، وعندما تصبح من القصر بحيث تشغل ستون ألفا منها مدى البوصة الواحدة تحدث احساس اللون البنفسجى[١] و بعد ذلك تقصر عن التأثير فى أبصارنا بتاتا ونسميها اذ ذاك أمواج الضوء فوق البنفسجي (Ultra—violet light) اشارة الى أنها وراء الأشعة البنفسجية .

هذه الأشعة فوق البنفسجية وان كانت تعجز عن ايقاظ أعضاء احساسنا البصرى تؤثر بشدة فى المواد الكيماوية التى تكون على اللوحة الفوتوغرافية ،ونظرا الى هذه الخاصة فان هذه الأمواج تسمى أحيانا بالأمواج الكيمياوية(Actinic Waves) .

جميع هذه الأمواج الأثيرية تحمل طاقة . واذا رجعنا لحظة الى مثال البركة يكون ظاهرا أننا اذا أنفقنا شيئا من الطاقة لاكساب الغطاس العائم حركة فوقية تحتية تكون هناك طاقة متنقلة بواسطة حركة الموج الحادث عبر سطح البركة . وجميع ما يكون على سطح البركة من السدادات أو غيرها من المواد العائمة يقلد الغطاس العائم فى حركته الفوقية التحتية . وعليه نقول إن طاقة الغطاس قد تحولت الى حركة موجية فى الماء،وأنه قد انتقلت طاقة بهذه الطريقة خلال الماء الى مسافة ثم تحولت مرة أخرى الى طاقة حركية فى السدادات المتحركة . و بالطريقة عينها يعمل المرسل (Transmitter) فى التلغرافية اللاسلكية فى محيط الأثير ، فان الجهاز المرسل يحول طاقة الكهارب الموجودة فيه الى حركة موجية فى الأثير المحيط . وقد تنتقل الحركة الموجية خلال الأثير منتشرة عبر المحيط الأطلسى . ومن عجيب الأمور أن

(١) فى الجدول رقم ٣ ص ٣٠١ تجد بيانا أوفى فى هذا الصدد .

يستطيع كشاف صغير تافه القدر ، يكون موجودا على شاطئ الأوقيانوس من الجانب الآخر، استقبال طاقة كافية لاحداث بعض تغير فى باطنه ، وبهذه الطريقة تحدث الاشارات .

انتقال الطاقة الحرارية من الشمس خلال الأثير الى أرضنا أمر ظاهر لنا جميعا . ومما تلذ ملاحظته أن من الممكن تحويل هذه الطاقة الحرارية الى حركة آلية مباشرة . وعندنا ايضاح عملى بديع لهذا الموضوع فى الجهاز الآلى للقوة الشمسية الذى أقيم فى مصر فى أوائل القرن الحالى . وكون الموجات الأثيرية من الضوء العادى تنقل الطاقة أمر ظاهر جدا ، لأن أعضاء حاسة البصر عندنا تتنبه بتأثيرها ، وكذلك الكيماويات التى تكون على اللوحة الفوتوغرافية ؛ ولكن كون هذه الأمواج الأثيرية من الضوء العادى تبدى بالفعل ضغطا آليا ، كما تفعل الرياح ، ليس بدرجة ذلك من الظهور . والواقع أنه لم يوجد برهان عملى على صدق هذه النظرية الا منذ سنوات قريبة ، لأن الضغط صغير جدا ، مفرط فى الصغر بالقياس الى ضغط ألطف نسيم ، أو أى تحرك طفيف فى الهواء .

منذ أربعين سنة تقريبا قال كلارك مكسويل (Clerk Maxwell) أحد كبار الرياضيين الذين يخيل الينا انهم كانوا يرتأون الرؤى فى المسائل الرياضية قال : ان هذه القوة ، أى الضغط الآلى ، حقيقة بأن توجد فى الضوء ، وقدر لهذا الضغط بالحساب مقداره الواجب أن يكون . ومما يسترعى الانسان أنه لما استنبطت الأدلة العملية على وجود هذه القوة وجد أن الضغط الحقيقى كان من قبيل القدر الذى ذكر ماكسويل أنه يجب أن يكون قبل استكشافه بزمن طويل .

وكانت طريقة الايضاح العملى بسيطة جدا : علقت أقراص خفيفة جدا من البلاتين فى كرة زجاجية صغيرة استخرج منها جميع هوائها ، وكانت أحسن وسيلة لاستخراج الهواء فى ذلك هى آلة التفريغ الزئبقية المعروفة. وفيها يبقى مقدار قليل من بخار الزئبق فى الكرة المفرغة، حتى اذا أريد الخلاص من هذا البخار عرضت الكرة الى برودة شديدة ، وبذلك يجمد بخار الزئبق . وبهذه الطريقة يجعلون الفراغ على أقصى ما يستطاع من الكمال . وقد كان هذا على جانب عظيم من الأهمية اذ لا يكون للتجربة الايضاحية مدلول ما لم يكن الفراغ على درجة عاليــة والا لكانت أمواج الحرارة التشععية تؤثر فيما يتبقى من الهواء ، وتدعو القرص البلاتينى الى التحرك كما يرى الانسان الدوارات الصــغيرة تتحرك فى آلات الراديومترات (Radiometers) الصغيرة التى تعرض أحيانا فى نوافذ حوانيت الآلات البصرية . فى هذه الحالة تكون الأمواج الحرارية هى التى تستبقى الدوارة الهوائيــة الصغيرة دائرة باستمرار رمى جزيئات غازية . ولا تدور دوارة الراديومتر الهوائية الصغيرة اذا هى وضعت فى الفراغ العالى الدرجة الذى استعمل فى هذه التجربة التى أريد بها توضيح الدفع الآلى للضوء

واذ خلص من كل احتمال لحدوث رمى من الجزيئات فقد عرضت الأقراص الصغيرة المعلقة للضــوء ولم يكن هنالك شك فى أنها كانت تتحرك بتأثير سقوط الأمواج الأثيرية عليها . نعم ان هــذا الضغط أمكنت ملاحظته وقياســه فى هــذه الظروف الاستثنائية ولكن لا يعزب عن البال أن هــذا الضغط طفيف جدا بحيث لا نعلم عنه شيئا فى حياتنا اليومية العادية ، فان أثره غير محسوس بتاتا فى أى جسم موضوع فى خضم الهواء المحيط بنا .

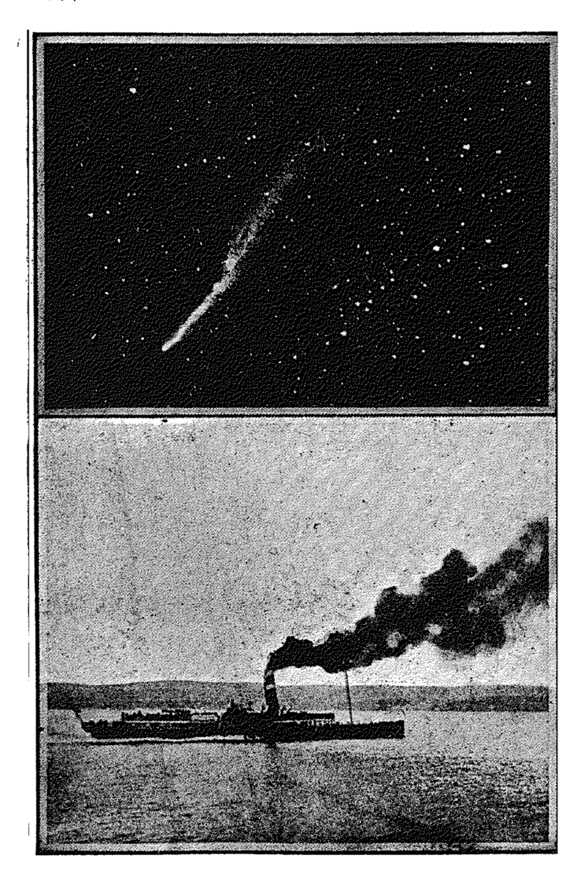
اذا أردت أن تعرف الاتجاه الذى تهب فيه الريح حين لا يكون هنـاك الا نسيم يكاد يكون غير محسوس فانك ترفع فى الهواء شيئا خفيفا جدا . لمـا ذا ؟ لأنه يعرض سطحا كبيرا ليؤثر فيه الهواء ، حين لا يكون تأثير جذب الأرض له الا صغيرا جدا . وليس من الصعب أن يتصور الانسان نسيما من اللطف بحيث يكون تأثيره فى كيس كامل من الدقيق غير محسوس بتاتا ، ولكن يظهر أثره جليا اذا سقطت ذرات مفردة من دقيقه رذاذا فى الجو . تصوّر لحظة سفينة بخارية تمخر فى المـاء ، تر أن ضغط الهواء يجعل الدخان وراء السـفينة كالذؤابة العظيمة ، وحينما تدور السـفينة وتسير فى الاتجاه المضاد فليس غير عادى أن ترى هذه الذؤابة الدخانيـة تتقدم السفينة (انظر الرسم المقابل لصفحة ١٢٥) هـذا بالضبط هو ما نشاهده فى السماء فيما يختص بالمذنبات (comets) فاننا نرى فى الفضاء الأثيرى مذنبات تعمل رحلات غريبة تجترر أذيالها حول الشمس ثم تختفى ذاهبة مرة أخرى فى رحلات طويلة فى الفضاء قد لا تعود منها . هذه المذنبات ذات أذيال طويلة كما ترى فى الرسم وعنـد ما تقرب من الشمس تسلك أذيالها بصورة لا تتغير، وتسير وراء جرم المذنب، ولكن عند ما تلف حول الشمس وترحل عنها يلاحظ مشهد عجيب جدا ، اذ يلوح ذنبها كأنمـا هو مطيّر أمام رأس المذنب كما هو الحال فى دخان السفينة . ولقد كانت الحالة التى يسبق الذنب فيهـا رأس المذنب عنـد ما يكون راحلا عن الشمس من غوامض علم الفلك . نعم إن قوة الشمس الجذبية لا بد بطبيعة الحال أن تكون جاذبة اليها جسيمات المـادة التى يتألف منها ذنب النجم، ولكن الظاهر أن هناك قوة أخرى أعظم من تلك القوه تدفع تلك الجسيمات عن الشمس : الجاذبية تشد الجسيمات نحو الشمس والضوء يدفعها بعيدا عنها . وظاهر أن الدفع

الضوئى فى هذه الحالة المعينة أقوى من شد الجاذبية. فكيف نعلل هذا ؟

أولا نحن نعرف أن جسيمات المادة التى يتألف منها ذنب المذنب صغيرة مفرطة فى الصغر . و يمكن حساب حجمها بالدقة، وعليه يكون تأثير قوة جذب الشمس فى مقابل ذلك صغيرا، ولكن مدى سطح هذه الجسيمات كبير جدا بالقياس الى وزنها، ولذا فان ضغط الضوء عليه هو فى مقابل ذلك عظيم جدا ، ولهذا نجد أن الضوء قادر على دفع هذه الجسيمات الصغيرة بعيدا عن الشمس بقوة أبلغ من قوة الجاذبية فى شدها نحوها . وهذا هو السبب فى أن ذنب المذنب يتجه دائما بعيدا عن الشمس .

ناولنى صديق منذ بضع سنين مقالة نشرها أحد أعلام الفلكيين، وكان موضوعها المذنبات . ولم يفسر حركة ذنب المذنب التى نحن بصددها إلا بأنه يتسيطر عليها ذلك القانون العجيب القاضى بوجوب انصراف الذنب عن الشمس. وغرضى من ذكر هذه الحادثة توكيد العبارة الواردة فى الباب الأول التى قلنا فيها إن جميع قوانين الطبيعة هى من صنع الانسان ذاته ، وعليه فلن يكون من تفسير الشيء أن يقال إنه انما حدث بسبب هذا القانون أو ذاك . فالقول بأن ذنب النجم يحكمه القانون القاضى بالتوائه منصرفا عن الشمس لا يشبع العقل، أما نظرية الضغط الآلى للضوء فتشبع .

لا يشك أحد فى أن الأثير ينقل الطاقة . عند ما تغادر الطاقة الشمس يحملها الأثير مدة ثمانى دقائق قبل أن تصل الى أرضنا، ونحن نعلم أن القول " بالتأثير على البعد " Action at a distance قد انتهى أمره وقضى ، فلا يمكن أن يتصور الانسان جسما يؤثر فى جسم دون وجود وسط متدخل . ولو كان هذا الرأى المهدوم



الضغط الميكانيكى للضوء

فى الصورة العليا نرى مذنبا جميل الذيل • عندما يتنحى المذنب عن الشمس يرى ذيلها يتقدم رأسها كما يتقدم دخان السفينة البخارية عندما تسير مع الريح . ونحن نعتقد أن السبب فى تقدم الذيل على رأس المذنب هو الضغط الميكانيكى للضوء كما هو مشروح على صفحة ١٢٣

صحيحا لم تكن هنـاك حاجة بتاتا الى زمن لتؤثر الشمس فى هذه الأرض . وسنرى فيما بعد كيف أن هذه الطاقة تنتقل من المادة الى الأثير ثم من الأثير الى المـادة .

اذا صح اقتناعنا بفكرة الكهارب الدائرة فى باطن ذرة المـادة بسرعة بالغة امكننا أن نتصور وجود مقدار عظيم من الطاقة داخل الذرة . وقد بحثنا فى أحد الأبواب السابقة بطريقة مجملة علاقة الطاقـة والسرعة والكتلة بعضها ببعض . فى هـــذه الحالة ليس للكهارب من الكتلة شيء كثير تزدهى به الا أن ما يعوزها من الجرم تعوضه بالسرعة ولكن من الصعب على غير العـارفين بالعلوم أن يدركوا حقيقة أهمية السرعة من حيث أنها عامل من عوامل الطاقة .

أشرنا غير مرة الى سرعة الضوء . والضوء بطبيعة الحال ليس شيئا ماديا ، ولكن حاول أن تتصور كتلة صغيرة كرأس دبوس عادى تسير فى الفضاء بنفس سرعة الضوء واسأل : ما هو مقدار الطاقة التى يملكها رأس الدبوس الطائر ؟

من الصعب أن يجد الانسان وسيلة مألوفة لتجربة طاقة هذا المقذوف الطائر ، ولكن ربما رأينا فى وقت من الأوقات آلات لاختبار قوة الانسان . انى لأتذكر نوعا خاصا من هــذه الآلات كان يوجد فى الأسواق الريفية . كان يطلب الى الرجل ليدعى قويا أن يختبر قوته بالطريقة الآتية : يضرب رافعة مستقيمة بمطرقة ثقيلة ، وبعمله هذا كان يدعو حلقة من الحديد الى الاندفاع الى أعلى على عمود قائم . وبقدر ما كان الرجل يستعمل من الطاقة كانت الحلقة ترتفع على استقامة العمود . لا أتذكر بالدقة طول

تلك الأعمدة ولكنها لا تزيد على خمسة عشر قدما أو عشرين . فلنفرض أن رأس الدبوس الطائر نفسه قد دخل متباريا فى ميدان اختبار القوة . "جرب قوتك" (١) هذا .

اذا حكمنا بناء على صغر حجم رأس الدبوس فلا بد أن يقصر تقصيرا مزريا ، ولكن اذا راعينا فرط سرعته فهو قادر على التفوق على جميع المتبارين . ولنفرض أن الحلقة وزنها باوند انجليزى . فى هذه الحالة يمكننا بسهولة أن نحسب الارتفاع الذى يجب أن تصل الحلقة اليه ، بشرط امكان نقل جميع طاقة الدبوس الى الحلقة مع اهمال المقدار العظيم الذى يذهب منها على صورة حرارة . بل انا اذا فرضنا أن شد الجاذبية الأرضية ثابت المقدار على أى بعد من الأرض فانا نجد أن الحلقة تعلو الى مسافة بالغة اذا قلنا انها تعادل ميلا فلا تكون فى القول مبالغة. ولكن فى مثل الظروف التى سبق أن أشرت اليها نجد أن الحلقة ترتفع على مدى ألوف من الأميال ، واذا أخذنا فى حسابنا تناقص قيمة الجاذبية نجد أن الحلقة تنطلق بمقدار من الطاقة تخرج به عن مدى هذا الكوكب ولا تعود مطلقا . إنه مستحيل بطبيعة الحال بتاتا أن يعطى رأس دبوس سرعة الضوء . ولكن فرض حالة قصوى كهذه من شأنه أن يبين أهمية عامل السرعة تبيينا .

هذا المثل القياسى الحاضر "رأس الدبوس الطائر" يساعد على تصور عظم الطاقة التى لا بد أن تنشأ عن الكهارب الطائرة المحتوية عليها الذرة . ويعد رأس الدبوس ماردا جسيما بالقياس الى الكهرب ولكن الطاقة التى لرأس الدبوس الطائر قابلة لتكرار التقسيم .

(١) نعت الكاتب ذلك التبارى بالاسم الذى كان يطلق على تلك اللعبة فى الأسواق .

وفضلا عن هذا فانه مهما كان من الطاقة فى الذرة الواحدة فانه لا بد من مضاعفة هذا المقدار مضاعفة بالغة حتى يعطى مقدارا يوازى مجموع الطاقة الذرية الباطنية المحتوية عليها قطعة صغيرة من المادة . مثال ذلك اذا أردنا أن نحسب مقدار الطاقة الباطنية فى مكعب صغير من النحاس الصلب طول جانبه أقل من نصف بوصة فلا بد لنا أن نضرب مقدار الطاقة الباطنية لذرة منه فى واحد كاتريليون ، اذ يوجد هذا العدد من الذرات فى تلك القطعة الصغيرة من النحاس .

ولكن مما لا شك فيه أن كل هذا الكلام الذى سقناه عن الطاقة الباطنية للذرة فرض بحت . لأن هذه الطاقة محتبسة فى باطن الذرة ، ولا يمكننا أن نؤثر فيها بأى طريق استبقاء اقياس قيمتها . وهذا حالنا مع غالب المادة ، ولكنا وجدنا منذ عهد قريب صورا قليلة من المادة قد كشفت الطبيعة عن ذريتها الباطنية ، ذلك أن هنالك بعض ذرات آخذة فى التحال وسامحة للكهارب بالانطلاق . على أن هذا الموضوع سيفهم على حال أوضح عند ما نتناول الأجسام ذات القدرة الاشعاعية لعنصر الراديوم الذى ملأت الدنيا شهرته . هذه الأجسام ذات القدرة الاشعاعية هى من خطورة الشأن بحيث تتطلب أن يفرد لها على الأقل باب مستقل .

هذا الباب كما رأيت يتناول على الأخص الطاقة التى فى الأثير ، وجميع الأمواج التى فى الأثير تدرج غالبا تحت رأس واحد : الضوء . فيجب علينا اذن أن نبحث بشىء من الأسهاب : ما هو الضوء ؟

الباب الحادى عشر

ما هو الضوء ؟

الأدلة المفندة لنظرية نيوتن — الكريات فى الضوء — الكهارب والضوء — البرهان المعزز للنظرية الكهربائية المغناطيسية للضوء — هرتز يكشف الأمواج الكهربائية — كيف تقاس سرعة الضوء — كيف تقاس الأطوال الموجية — الطارق الاسرافية لانتاج الضوء الصناعى — طريقة مثلى فى الطبيعة .

لم يفتنا حتى فى طفولتنا أن نتبين وجه الهذر فى قصص العفاريت حتى كان يروى أنها تعمل مجاميع من أشعة الشمس تتصيدها وتحفظها فى زجاجات مسدودة . ولا شك أن القراء قبل مطالعة الأبواب السابقة من هذا الكتاب لم يكن فيهم واحد لم يعتقد من قبل أن الضوء ليس الا أمواجا فى الأثير ، أو يعرف على الأقل اذا لم يكن معتقده فى المادة على ما هو عليه من الوضوح والثبوت ، أن الضوء ليس شيئا ماديا ، ويكاد يكون من المستحيل فى الوقت الحاضر أن يعثر على انسان يقول بنظرية كريات الضوء لنيوتن (Corpuscular Theory) .

أتذكر أننى كنت فى أيام الدراسة أعجب كيف كان نيوتن يدعو الناس بجد ليتصوروا وجود جسيمات من الصغر بحيث يمكن أن تطلقها الشمس وتسير عبر ثلاثة وتسعين مليونا من الأميال بين الشمس وهذا الكوكب فى ثمانى دقائق ، بمعدل أحد عشر مليونا من الأميال فى الدقيقة ، بل كان يخيل الىّ وأنا تلميذ فى المدرسة أن اعتقاد رجل عظيم كنيوتن بامكان وجود مثل هذه الجسيمات أقرب الى الهذر والمزاح . والآن نجد أنه وان كانت

نظرية الكريات لنيوتن قد أهملت اهمالا تاما ، توجد بالفعل كريات أو كهارب مثيلة جدا بكريات نيوتن الخيالية . وفضلا عن ذلك نجد أن هذه الجسيمات الصغيرة تنطلق من جميع الأجسام الشديدة الحرارة حتى من المصباح البيتى العادى . وعلى ذلك فالشمس باعثة مجرى مستمرا من هذه الكريات أى الكهارب . وقد رأينا أن هذه الجسيمات قادرة على الجرى بسرعة ستين ألف ميل فى الثانية فى أنبوبة مفرغة . ولو عرف سير نيوتن هذه الحقائق الحديثة الاستكشاف فلعله كان يقول إن فى امكان هذه الكريات الطائرة أن تتضاعف سرعتها ثلاثة أمثال ، بجريها فى فراغ ما بين النجوم من الفضاء وتقطع ما بين الشمس والأرض بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية . ولقد كانت هذه الحجة وجيهة ولكنها ما كانت تقوى على عمليات الاختبار التى تساعد عليها التجارب العصرية ، فعندنا من الأدلة الثابتة ما يقطع بأن هذه الكريات الطائرة لا تكون ضوءا . وهذا ما سنراه مما يلى . يمكننا أن نعمل تجارب على نفس هذه الكهارب الطائرة فى أنابيب مفرغة . ويتذكر القارئ أن هذه الكهارب وجدت كلها واحدة ، ولا عبرة باختلاف المصدر الذى أخذت منه . بالتجربة نجد أن تيار الكهارب لا تكون له خواص الضوء . فالضوء يمكن عكسه وتكسيره وتقطيبه . هذه خواصه المميزة . ولكن الجسيمات الطائرة ليست لها هذه الخواص . فنحن لانستطيع أن نعكسها أو نكسرها أو نقطبها ، وسيتضح لك معنى استقطاب الضوء فى الباب الثانى .

نحن اليوم ملزمون ، بدل التسلى المجرد بفكرة كريات نيوتن ، أن نعجب بعبقريته فى تنبؤه بامكان وجود جسيمات ذات ابعاد من الضآلة بحيث تكاد تكون مستحيلة ، وتستطيع السير بسرعة

هائلة . نعم إننا نجد اليوم أننا لا نستطيع بوسيلة من الوسائل الصناعية أن نحمل هذه الكهارب على السير بأسرع من ٦٠ ألف ميل فى الثانية ، ولكنا سنرى عند ما نصل الى مبحث الراديوم أنه يطلق كهارب من باطنه بسرعة ١٢٠ ألف ميل فى الثانية ، وهو مقدار يقرب من سرعة الضوء قربا مريبا ، ونحن وان كنا نستطيع أن نبرهن على أن هذه الكهارب الطائرة لا تكوّن ضوءا فانه لا شك أنه لوكانت مقادير سرعة هذه الكهارب معروفة فى أوائل القرن الثامن عشر لعززت نظرية نيوتن الذرية تعزيزا جوهريا . وسنبحث فى فصل آت التأثيرات التى تحدثها هذه الجسيمات الطائرة الواردة الينا من الشمس ولكن يمكننا فى الوقت الحاضر أن نقرر صراحة أنها ليست ضوءا .

ولا شك عندنا فى أن الضوء عبارة عن سلسلة من الأمواج الأثيرية ، ومما قد سبقت لنا معرفته بصدد الكهارب الطائرة التى تثير الأثير وتحدث فيه مجالات مغناطيسية وكهربائية نجد أنفسنا على استعداد لقبول حقيقة أن أمواج الأثير الضوئية مسببة عن الكهارب الطائرة .

رأينا فى الباب السابق أن أمواج الأثير المعروفة بالضوء الأحمر قصيرة جدا ، وبعبارة أخرى أنها تتبع بعضها بعضا بسرعة عظيمة ، حتى أن أربعة وثلاثين ألفا من هذه الأمواج الأثيرية الخاصة تشغل مسافة بوصة واحدة فقط . وسيتضح أنه مهما كان نوع الشيء الذى يبعث مثل هذه السلاسل السريعة من الأمواج فان هذا الشيء المضطرب يقتضى أن يكون مهتزا بسرعة هائلة . وعند ما كنا نصوّر الغطاسة باعثة أمواجا فى مركز بركة راكدة رأينا أنه كلما كانت الغطاسة أسرع فى تحركها الى أعلى وأسفل كانت

الأمواج الحادثة أكثر فى أى مسافة محدودة أو أى زمن معين . واذا عرفنا سرعة سير هذه الأمواج الأثيرية وعدد الأمواج فى كل بوصة فاننا نستطيع بواسطة عملية حسابية بسيطة أن نستدل على أن السرعة التى يجب أن يهتز بها الكهرب ليحدث أمواج الضوء الأحمر يقتضى أن تبلغ أربعمائة بليون مرة قدر ذلك فى الثانية . نعم إن هذه الأعداد وراء مقدور التصوّر ، ولكن كل ما نستطيع أن نفعله هو أن نتصور الكهرب طائرا لاناً حول الذرة مرة بعد مرة كما تعمل أتباع الكواكب من الأقمار ، سوى أنه يقوم بعدد عظيم جدا من الدورات فى الثانية الواحدة من الزمن ، واذا قلنا إن هناك كهربا يدور مائة بليون دورة فى الثانية وآخر يدور ستمائة بليون دورة فلن يفيد هذا الا فى مساعدتنا على مقارنة سرعة بسرعة .

ولا بد أن يفهم الانسان جيدا أن كل ذرات المادة متألفة من عدد من الكهارب دائرة فى مدارات منتظمة، وأننا لا نستطيع بحال من الأحوال أن نحدث اضطرابا لهذه الانتظامات . ولكن هذه الكهارب المطلقة التى تدور حول الذرات كما تدور الأقمار حول كواكبها يمكن أن تتأثر بقوى خارجية . إننا باطلاق حرارة على جسم انما نعجل سرعة هذه الكهارب الدائرة. و بتبريد جسم ما نحمل هذه الكهارب المطلقة على الدوران ببطء . وحركة هذه الكهارب فى كتلة من الحديد على درجة عادية من الحرارة تضطرب بفعل التصادم الجزيئى . بحيث تدعو مقادير سرعة الدوران المترتبة على ذلك الى إحداث أمواج طويلة جدا فى الأثير . ونسمى هذه أمواجا حرارية . وكل شىء موجود يشع حرارة بدرجة ما . واذا عدنا الى التجربة البسيطة جدا الخاصة بضرب قطعة من الحديد بمطرقة بخارية فانا نجد أننا نقدر بواسطة توالى الضربات على أن

تحمل الذرات على الاهتزاز بسرعة أكثر، وهذا يساعد هذه الكهارب الدائرة على اسراع الخطو . بعضها يصل على عجل الى حد من السرعة يستطيع عنده أن يبعث تلك الأمواج الأثيرية السريعة التتابع التى تؤثر فى أبصارنا ، والتى جرى الاعتياد بتسميتها "بالضوء المنظور" ويمكننا بواسطة مقاييس حرارة دقيقة أن نبين أن بعض الكهارب يستمر دائرا على معدلات الدرجة المنخفضة ، ويبعث الأمواج الأثيرية التى نسميها الحرارة المظلمة . عندما تصل قطعة من الحديد الى حالة الابيضاض من الحرارة يمكننا أن نبين بواسطة المرقب الطيفى، الاسپكتروسكوب، (Spectroscope) أن كهاربها آخذة فى بعث جميع مدى الأمواج الأثيرية التى تحدث الطيف المنظور (Spectrum) ويمكننا أن نبين أن هناك فضلا عن أمواج الحرارة المظلمة وراء الضوء الأحمر للطيف أمواجا أثيرية أخرى من الضوء فوق البنفسجى متشععة من الفلز المتوهج . فظاهر اذن أننا حاصلون فى المعدن المبيّض الحرارة على كهارب طائرة حول ذراتها بمقادير من السرعة لا تتراوح بين أربعمائة وثمانمائة بليون ميل فى الثانية فقط بل إن منها ما تنقص سرعته عن ذلك أو تزيد .

قد رأينا أن الكهارب الدائرة هى التى تهيء حلقة الاتصال بين المادة والأثير، وفى الحق إنه لعجيب أن تكون هذه الأشياء المتناهية فى الصغر ، أى الكهارب، قادرة ،وهى فى الشمس على مسافة ٩٣ مليونا من الأميال، أن تؤثر فينا ونحن على سطح هذا الكوكب . بل قد نتمادى فنفكر فى الكهارب الدائرة المتصلة بالذرات فى النجوم الممعنة فى البعد عنا . ونتصور كيف تؤثر فينا على مدى بلايين من الأميال .

كل الاضطرابات الأثيرية مسببة عن الكهارب المتحركة . وفى حين أن الضوء والحرارة المتشععة مسببان عن كهارب دائرة فان أطول الأمواج الأثيرية كالمستعملة مثلا فى التلغرافية اللاسلكية لا يمكن أن تنبعث من كهارب تدور فى مدارات صغيرة . بل تحدث من كهارب تتراوح ذهابا وجيئة فى دائرة كهربائية . ولا صعوبة على كل حال فى ادراك أن الاضطرابات الأثيرية المختلفة جميعها من نوع واحد وانما تختلف فى أطوال أمواجها .

ولكن ربما قال قائل ان كل ما ذكر عن الضوء من حيث أنه اضطراب كهربائى مغناطيسى فى الأثير ليس الا نظريا بحتا ، مثله مثل من يقول ان القمر مصنوع من الجبن الأصفر فلا يصدقه أحد لأنه لا يستطيع أن يقدّم من الحقائق المشاهدة ما يعزز نظريته . فأى حقائق نستطيع أن نقدّمها لنعزز بها نظرية كهراطيسية الضوء[1] أولها وأهمها أننا نستطيع أن نثبت قطعا أن الضوء يجرى بنفس سرعة الأمواج الكهراطيسية . والواقع أن العلميين كانوا على ثقة بهذه الحقيقة قبل اثباتها بالتجارب . وجد الانسان من قديم الزمن بالملاحظة أن الضوء يسير بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية . أما كيفية حصول هذه المشاهدة فنشرحها فيما بعد . ولكنا الى سنة ١٨٨٨ لم يكن فى استطاعتنا أن نقيس سرعة الأمواج الكهراطيسية ، بل لم نستطع يومئذ الا أن نقول إن هذه الأشياء لازمة الوجود ، ومع ذلك فقد استطاع الرياضيون فى ذلك الوقت أن يستخرجوا بالحساب من بعض المقاييس الكهربائية مقدار السرعة التى يجب أن تكون لهذه الأمواج اذا أمكن وجودها . وكانت نتيجة هذه

(١) رأينا أن نحت كلمة كهراطيسية من كلمتى كهرباء ومغناطيسية لامكان اجراء النسبة والعدّ وغيرها من وسائل الابانة التى يضطر اليها الكاتب العلمى (المترجم) .

العمليات الحسابيـة الحصول على مقدار سرعة هو نفس مقدار سرعة الضوء المشاهدة . فى الناس كثير من غير الخبيرين بالمسائل العلمية يهزون رءوسهم انكارا لفكرة البرهان الرياضى ولكنهم اذا درسوا الموضوع درسا جدّيا لا يفعلون هذا .

فى سـنة ١٨٨٨ وجد نابهٌ صغير السن من الأساتذة فى احدى الجامعات الألمـانية وسيلة لكشف الأمواج الكهراطيسية فى الأثير وقياسها . كان معروفا فى ذلك الوقت أن التفريغ الكهربائى كالشرر الذى يحدث بين كرتين متكهربتين — طبيعته الاهتزار الأمامى الخلفى ، أى الترجحى ، وأن هذه الترجحات من شأنها أن تبعث أمواجا فى الأثير . ولكن لم يستطع أحد أن يبتدع وسيلة لكشف وجودها . فمن ذا الذى يسـتطيع أن يخترع آلة من الدقة بحيث تكفى لكشف هذه الأمواج التى كانت تلوح مستعصية على طالبها ؟

جاء الرد من الدكتور هنريك هرتز (Heinrich Hertz) الأستاذ النابه الذى سبقت الاشارة اليه . لم يحتج الأمر معـه الى جهاز أنيق بل الى طوق بسيط من السلك فيه فرجة ضيقة . كان عند هرتز فى غرفته جهاز ملف تأثير يحدث شررا كهربائيا . ولذا فقد كان الملف تبعـا لنظرية الرياضيين يحدث أمواجا كهربائية مغناطيسية فى الأثير المحيط . فذهب هرتز يجول فى الغرفة والطوق فى يده ، وهو أشبه بسوار أو خلخال كبير ، فوجد أن قد حدث شرر عنـد الانفراج الضيق الذى فى ذلك الطوق السلكى . من حق غيره من المجربين أن يلاحظوا أن هرتز حتى تلك اللحظـة لم يستكشف شيئا جديدا ، كما أن غيره من العلميين قاموا بتجارب مثيلة جدا بتلك ولا سيما الأستاذ " سلفانوس تومسـون (Silvanus Thompson) اللندنى كما يتضح ذلك من الرجوع الى المجلة

الفلسفية (Philosophical Magazine) لسنة ١٨٧٦ عدد سبتمبر .

فى ذلك الوقت ، قبل تجارب هرتز باثنى عشر عاما ، أثبت الأستاذ سلفانوس تومسون حدوث شرر كهربائى بين مفتاحين عاديين اذا وضعا متجاورين قريبا أحدهما من الآخر ، ووضعهما على مسافة ما من جهاز ملف الاستحداث (التأثير) ، ولكنه عند كلامه عما عمله هرتز قال "لم يخطر ببالى أن هذا الشرر دليل على حدوث أمواج كهربائية تقطع الفضاء" هذا هو استكشاف هرتز . فهو لم يذهب فى الغرفة يلاحظ الشرر مكتفيا بذلك بل أخذ يستكشف الأوضاع التى يمكن كشف الشرر فيها ، ممسكا بالجهاز (طوق السلك) فى الوضع المناسب لكشفها .

والذى يهمنا فى هذا المقام هو قياس هذه الأمواج .

لما وجد هرتز أنه يستطيع أن يكشف الأمواج الكهربائية غير المنظورة استنبط على عجل وسائل قياسها . وضع لوحة كبيرة من المعدن على حائط غرفته ثم أرسل أمواجا كهربائية صوبها بحيث تنعكس الأمواج مرتدة على نفسها . والمعروف أنه عند ما يرتد أى نوع من الحركة الموجية منعكسا على نفسه تتدخل الأمواج المنعكسة فى الأمواج الأصلية وتسبب ما يسمى بالأمواج الساكنة . وسنكتفى ، دون الدخول فى التفصيلات ، بأن نذكر أن هذا العمل من شأنه احداث نقط تدخّل تحدث تعادلا بين الموجتين . وهى تسمى "النقط العقدية" (Nodal Points) . ويمكن اثبات أن المسافة الواقعة بين نقطتين عقديتين هى بالضبط نصف طول الموجة ، وعليه يمكننا أن نفهم أن هرتز لما وجد فى غرفته مكانين مختلفين لا تتأثر فيهما كشافة بالباعث الكهربائى الشررى

أى منتج الأمواج علم أنه وجد نقطتين عقديتين كالتى سبق وصفهما فعلم عنـد ذلك أن المسافة بين هذين المكانين بالضبط هى نصف طول الأمواج الكهربائية التى كانت تقرب من اللوحة الفلزية وتنعكس. وبهذه الطريقة قاس هرتز طول الأمواج الكهربائية.

عرف هرتز سرعة الترجحات الكهربائيـة فى جهـازه المنتج للأمواج ، ولذلك كان من أبسط الأمور أن يحسب سرعة سـير الأمواج ما دام قد عرف مقدار طولها. ولكى نجعل المسألة واضحة تمـام الوضوح نعود الى المثـل الذى ضربناه عن البركة بواسطة الغطاس .

نستطيع أن نبعث سلسلة من الأمواج بمعدل موجتين فى الثانية، فجدير بنا والحالة هـذه أن نعرف أن المسافة التى تقطعها الحركة الموجية فى الثانية لا بد أن تساوى طول موجتين بالضبط . فاذا وجد أحد أن طول الموجة التى تحدثها هو بوصـة واحدة بالضبط أمكننا أن نقول ان الحركة الموجية تسير بمعدل بوصتين فى الثانية. هـذه بالطبع حالة تصورية بحتـة ولكنها تفيد فى بيان كيف أن هرتز بمعرفته عدد الأمواج المبعوثة فى الثانيـة وطول الموجة كان قادرا على حساب سرعة سيرها. وجد أن السرعة كانت ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية فأثبت باستكشافه هذا ما قرره الرياضيون من قبل بعملياتهم الحسابية . بهذه الطريقة أثبت هرتز أن الأمواج الكهربائية تسير بنفس سرعة أمواج الضوء المنظور .

أما سرعة الضوء فقـد عرفت قبـل أن يقيس هرتز سرعة الأمواج الكهربائيـة بأكثر من قرنين ، وليس من السهل بغير العمليات الحسابية أن نفسر طريقة ذلك بالضبط ولكن ربمـا كان فيما يأتى بيان :

لاحظ الفلكيون منذ مائتين وخمسين عاما نوعا من الاختلال فى حركات أحد أقمار المشترى ، وكانوا قد وضعوا جداول يبينون فيها أين يكون القمر المشار اليه فى أوقات معينة ، ولكن ذاك القمر لم يجر كما قدروا له ، فقد كان متأخرا فى احدى فترات السنة ربع ساعة كاملة عن موعده المقرر مع سبق محافظته على هذا الموعد فى حينه منذ ستة أشهر سابقة . فحيّر هذا الأمر جمهور الفلكيين ، ولم يستطع أحد أن يزعم أن قمر المشترى قد نقصت سرعته فى وقت من السنة وعاد الى سرعته الأصلية بعد ذلك بستة أشهر . ومع ذلك فقد كان هذا القمر فى دورته حول كوكبه متأخرا ست عشرة دقيقة ، وستا وثلاثين ثانية ، فى الاختفاء عند منتهى ستة أشهر . ولقد كان معروفا تماما أن كوكب المشترى بعيد جدا عنا بخمسمائة مليون من الأميال تقريبا ، ولكن مهما يكن طول المسافة التى يقطعها الضوء من المشترى الى هذه الأرض ، فلا بد أن تستغرق وقتا واحدا لا يزيد ولا ينقص ما دامت المسافة بين المشترى والأرض ثابتة لا تتغير ولكن فلكيي القرن السابع عشر كانوا يعرفون أن هذه المسافة لم تكن واحدة دائما . و بيان ذلك أنه فى الوقت الذى كان فيه المشترى يلف حول الشمس لفته العظمى فى مداره البعيد حول الشمس كانت الأرض تدور نحو اثنتى عشرة دورة كاملة فى مدارها ، ولذلك فاننا فى فترة من السنة نكون أقرب الى المشترى منا بعد ستة أشهر . وعند ما نكون على أقصى طرف من مدار أرضنا بعيدا عن المشترى يكون ضوؤه مضطرا أن يسير مسافة أخرى إضافية عبر مدارنا ، وهذا ما لا يفعله ضوؤه عند ما نكون عند أقرب نقطة اليه من المدار . ونحن جميعا نعلم أننا على بعد ٩٣ مليونا من الأميال عن الشمس ، وعليه فيكون قطر مدارنا ضعف هذه أى ١٨٦ مليونا من الأميال . وقد رأينا

أن أولئك الفلكيين وجدوا بالملاحظة أن قمر المشترى كان يلوح متأخرا عن موعده المرتقب ست عشرة دقيقة وستا وثلاثين ثانية فاتضح لهم أن الضوء الوارد من المشترى استغرق هذا الوقت فى قطع مدار الأرض . واذا كان هذا الوقت يعادل ١٠٠٠ ثانية تقريبا ، وكان الضوء قد قطع فى أثناء ذلك ١٨٦ مليونا من الأميال فلا حاجة بنا الى الورق والدواة لنعمل حساب سرعة الضوء فى ثانية واحدة . ما علينا الا أن نحذف الأصفار الثلاثة الأخيرة من ١٨٦,٠٠٠,٠٠٠ ميل فى الثانية . وهذه من العظم والكبر بحيث يخيل الينا أن الضوء يسير من نقطة فى أرضنا الى نقطة أخرى فيها بعيدة عنا فى غير وقت .

ومما يلذ القارئ أن يعلم أن غاليليو حاول أن يقيس سرعة الضوء بتغطية المصابيح ليحجز نورها ثم يكشفها ليطلقه ، ولكنه لم يستطع بطبيعة الحال أن يحصل على نتيجة . ومع ذلك فقد وجد أنه من الممكن استنباط وسائل لقياس سرعة الضوء بتجارب مباشرة .

يلذ لنا أن نعرف الفكرة التى تقوم عليها احدى هذه التجارب ، دون أن نرهق أنفسنا بالتفصيل . الأصل فيها سرعة تعريض شق ما وتغطيته بحيث تستطيع حزمة من الضوء أن تنطلق خارجا فتمر بالشق وتسقط على مرآة موضوعة على مسافة ثابتة ، ثم تنعكس على الشق حيث تدخل وتمكن مشاهدتها بعينيه . اذا كان الضوء فى حقيقته ينتقل بغتة (فى غير زمن) فانه يكون فى طاقة شعاع الضوء أن يعود و يدخل من الشق مهما كانت سرعة إقفاله . وقد استنبطت وسيلة بسيطة لفتحه واقفاله بسرعة عظيمة . تصور قرصا فيه صف من الخروق مثقوبة فيه حول حافته الخارجية ، وهم يستعملون فى الواقع عجلة مسننة "ترسا" والقرص مهيأ بحيث

أن الثقوب تمر بالتتابع أمام الشق. فاذا أدير القرص بسرعة عظيمة فانا نجد الشق ينكشف ويتغطى بسرعة عظيمة. فاذا كان الضوء يستغرق أى وقت فى الانتقال من الشق الى المرآة ويرتد بالتالى فلا بد أن نجد اننا اذا وصلنا فى سرعة ادارة القرص الى درجة عظيمة فلا بد أن يأتى ظرف يرتد فيه الشعاع الى الشق فى الوقت الذى يقفل فيه. ولا يمكن عندئذ ملاحظة دخول أى ضوء فى العينية اذا كان هذا مايحصل . ولذا فانه اذا كانت سرعة ادارة القرص تزداد حتى ينجح الضوء المنعكس فى دخول الشق من الثقب الذى يلى الثقب الذى خرج منه الضوء الأصلى يكون من الواضح أن الضوء استغرق فى السير من الشق الى المرآة ، وبالعكس ، قدر ما استغرقت حافة القرص فى الدوران من ثقب الى ثقب تال . وباجراء عملية حسابية بسيطة أساسها سرعة دوران القرص يحصل على الزمن الذى استغرقه فى حركته هذه البسيطة . وعندئذ نعرف مقدار الزمن الذى استغرقه الشعاع فى قطعه المساحة المقيسة الواقعة بين الشق والمرآة . وتكون النتيجة بالضبط ١٨٦,٠٠٠ ميل فى الثانية . ولقد استنبط بعض المشتغلين بالتجارب وسائل أخرى لقياس سرعة الضوء ، وكانت كل نتائجهم تقع بين ١٨٥ و ١٨٦ ألف ميل فى الثانية .

واذا اقتنعت نفوسنا بأنه ليس فى أمر سرعة الضوء المقررة حدس ولا تخمين فان مما يلذ الانسان أن يرى كيف يقاس طول هذه الأمواج حين يقال انها لا تعادل إلا واحدا من ثلاثين ألف جزء من البوصة . قد يظن الانسان أن هذا ممكن تصوره لمن يستطيع التفكير الرياضى الخالص ، ولكن هذا لحسن الحظ غير الواقع . ولا بد أن يتذكر القارئ أن الدكتور توماس

يانج ، أول أستاذ لعلم الفلسفة الطبيعية فى المعهد الملكى بلندن ، كان أحد روّاد نظرية الموجات الأثيرية للضوء ومن تجاربه المشهورة تلك التى تبين أن الموجتين الضوئيتين قد تتدخل احداها فى الأخرى حتى تحدثا ظلاما . أخذ يانج حزمة ضيقة من الضوء من لون واحد — الأحمر مثلا — حتى تكون الأمواج كلها من طول واحد . ووضع ستارا حائلا فى ممر هـذه الحزمة الحمراء ولم يسمح للضوء أن يمر خلال الحائل إلا من ثقبين صغيرين متقاربين جدا فى الحائل . ولذلك مرّر وراء الحائل حزمتان صغيرتان من الضوء الأحمر من نقطتين متجاورتين جدا وسمح لضوئهما أن يسقط على حائل أبيض . فالذى ينتظره الانسان هو أن يجد رقعة من اللون الأحمر مكوّنة من حزمتى الضوء الأحمر الآتى خلال الثقبين ومع ذلك فقد وجد يانج شيئا أكثر من هـذا . وجد أن الشبح الذى على الحائل كان متكونا من خطوط حمراء متعاقبة مع خطوط مظلمة ، وبعبارة أخرى وجد أشرطة ظلام . وعند ما كان يسد أحد الثقبين كان الشبح المرئى على الحائل رقعة من الضوء الأحمر الخالص . ولكن كلما كان الضوء يمر من الثقبين كليهما كانت توجد خطوط الظلام تلك . واستعمل يانج نتيجة هذه التجربة برهانا على نظرية الضوء الموجيـة . ولو كانت نظرية الكريات صحيحة لكان انضمام شعاعين من الجسيمات المضيئـة بعضهما الى بعض من شأنه أن يزيد فى قوة الاضاءة ، لأنك اذا أضفت شيئا الى شىء فان النتيجة لا يمكن أن تكون لا شىء ، أما اذا لم تكن حزمتا الضوء متكونتين من جسيمات مادية ، بل كانتا مجرد حركة موجبة فى وسط ما ، فانه يكون من الواضح جدا أن تتدخل موجة فى موجة وتحدث أشرطة الظلام تلك عنـد نقطة التقـائهما .

ولقد أمكن يانج بواسطة هذه التجربة البسيطة نفسها أن يقيس طول موجة اللون البرتقالى . تصوّر قطارا مفردا من الأمواج مارا فى الثقب رقم ١ واقعا على الحائل على نقطة أمامه مباشرة ، وقطارا آخر من الأمواج مارا من الثقب رقم ٢ واقعا على نفس النقطة فى الحائل ، وهذه النقطة لا يمكن بطبيعة الحال أن تكون أمام الثقب الثانى . وواضح أن الأمواج المارة بالثقب رقم ٢ ستقطع مسافة أطول بمقدار طفيف جدا مما تقطعه الأمواج المارة من الثقب الأول . اذا تلاقت هاتان الموجتان فى أول خط مظلم فانهما تتدخلان بعضهما فى بعض بحيث لا بد أن تكون احدى الموجتين وراء الأخرى بمسافة نصف طول موجة بالضبط ولذا يكون الفرق فى طول هذين القطارين من الأمواج عبارة عن نصف طول موجة بالضبط . وقد وجد يانج أن من الممكن أن يستخرج بالحساب هذا الفرق الضئيل بين هاتين المسافتين ووجده واحدا من ثمانية آلاف جزء من البوصة ، وكان هذا فعلا مقاس نصف طول موجة اللون الأحمر، وقد وجد أن طول أمواج هذا اللون واحد من أربعين ألف جزء من البوصة . ويمكن قياس ألوان الطيف الأخرى بالطريقة عينها . ويجد القارئ جدولا يتضمن هذه الأطوال بالتفصيل فى الملحق الثالث .

لقد عرفنا الضوء المنظور أمواجا أثيرية تحدثها الكهارب الدائرة حوال ذرات المادة . وطريقتنا الرئيسية لاحداث هذه الأمواج الأثيرية القصيرة تنحصر فى احماء مادة ما الى درجة عالية . ولكن بالرغم مما نسمعه عن الطرق الاقتصادية المستعملة لاحداث الاضاءة الصناعية نجد أن كل طرائقنا منطوية على الاسراف المضحك . تصوّر أن رجلا يصنع أى مادة نافعة وأنه فى الوقت

الذى ينتج فيه عشرة أرطال من المادة المقصودة ينتج تسعين رطلا من مواد ثانوية غير نافعة أى من مواد لايستفيد من ورائها شيئا مطلقا . لم يسمع أحد بمثل هذه الصناعة المسرفة ولكن هذا مايحدث فعلا عند ماتنتج هذه الصناعة ضوءا صناعيا . بل ربما كان فى ايراد مثل آخر بيان أوضح . تصوّر أن صاحب عمل يريد أن ينجز مقداراً ما من عمل نافع . عرف الرجل بالتجربة أنه يحتاج الى مائة عامل لانجاز العمل المقصود ، ولكنه واثق أن العمل الذى يريده ممكن أن ينجزه عشرة عمال لو عرفوا كيف يؤدون العمل . ونحن نحرق فوارة من الغاز لكى نحدث ضوءا صناعيا ، ننشد بهذا بعث أمواج أثيرية من طول معلوم . ولكنا بعملنا هذا انما ننتج ثلاثة فى المائة من هذه الأمواج ، أما السبعة والتسعون الباقية من المائة فلا نريدها ، ويمكننا أن نستغنى عنها ، اذ أنها فى الحقيقة أمواج حرارة مظلمة . كلما كان الجسم الباعث الأمواج الأثيرية أشد حرارة كانت النسبة المئوية للأمواج الأثيرية أكثر ولكنا لانستطيع حتى بمصابيح القوى الكهربائية أن نصل الى أكثر من عشرة الى خمسة عشر فى المائة من الاقتدار .

نحن فى وسائل اضاءتنا الصناعية نقلد الشمس على وجه ما ، فهى تنتج ثلاثين فى المائة من أمواج الضوء المنظور . على أن الطبيعة غير مسرفة ، فان السبعين فى المائة الباقية من الأمواج الأثيرية الخفية التى تبعثها الشمس مطلوبة لامدادنا بالحرارة اللازمة لاستبقاء الحياة على كوكبنا ، ولإحداث تغيرات كياوية . فلو اننا نستطيع أن نقلد الطبيعة كما نراها اذ تنتج ضوءا فى الحباحب حيث يكون جميع الاضطراب الأثيرى على صورة ضوء منظور ، ولا أمواج حرارة مظلمة ، لاستطعنا أن نحدث الاضاءة على نطاق

واسع . نعود الى اضاءة الحباحب فنذكر أن سير أوليفر لودج قد لاحظ أننا اذا استطعنا أن نحصل من الطبيعة على هذا السر "لاستطاع الصبي الذى يدير ذراع آلة أن يعطى من الطاقة ما يكفى لاضاءة دائرة كهربائية كاملة" .

رأينا كيف أنتج هرتز وكشف وقاس الأمواج الأثيرية بوسائل كهربائية بحتة ، واليوم أصبح من عاديات الأمور فى التلغرافية اللاسلكية أن نبعث هذه الأمواج الأثيرية بحمل الكهارب على الترجح ذهابا وجيئة فى دائرة كهربائية ، وأدركنا أيضا أن هذه الأمواج لا تختلف عن الضوء المنظور الا فى أنها أكثر من أمواجه طولا . اذن فلا بد لنا لاحداث الموجات القصيرة للضوء المنظور من أن نسرع حركة الكهارب . ولكن هنا محل الصعوبة . فان أقصر الأمواج الأثيرية التى استطعنا أن نحدثها بالترجحات الكهربائية مفترقة بعضها عن بعض بمسافة سدس بوصة تقريبا ، على أنه لا بد لنا أن نحشد فى البوصة ما لا يقل عن ثلاثين ألف موجة حتى تؤثر فى جهازنا البصرى . هذا ما تفعله الطبيعة ولكنها لا تستعمل ترجحا بسيطا فى الكهارب بل تحملها على الدوران حول ذراتها مئات البلايين من المرات فى الثانية . فظاهر اذن أنه لا بدّ لنا من أن نبتدع وسيلة ما لاعطاء الكهارب هذه الحركة الدائرية العنيفة حتى نستطيع أن نحدث ضوءا صناعيا بغير ذلك الاسراف العظيم الجارى الآن .

قد لا يكون من الواضح للجميع كيف ينشأ هذا الاسراف العظيم فى عملية انتاج الضوء بواسطة احماء مادة ، لهذا نقول إننا اذا أحمينا جسما فاننا نحدث اضطرابا عظيما فى جزيئاته ، وهذا التصادم المستمر بينها يمنع حرية دوران الكهارب حول ذراتها . ولذلك

تكون عندنا كهارب سائرة على سرع متباينة ، يصل مقدار عظيم منها الى معدّل السرعة التى تحدث عندها أمواج الحرارة المظلمة ولا تصل الى معدّل السرعة التى ينتج عندها الضوء المنظور إلا نسبة مئوية صغيرة جدا . والذى نريده هو أن نحمل جميع الكهارب على الدوران بالسرعة العالية اللازمة .

ليس من الضرورى أن نفرض حدوث تباين فى سرعة الكهارب القمريّة اذ أننا نستطيع أن نتصوّر حركة اهتزازية حادثة فوق حلقة الكهارب الدائرة ولكن الفكرة الأولى أبسط وتفيد فى تفسير ظاهرة الضوء .

(ملاحظة) لم أر حين عالجت نظرية الضوء الكهرطيسية أن أتناول الموضوع من وجهته التاريخية ولكن لما كان هذا الأمر مما تلذ معرفته فقد أثبت فذلكة عن ذلك فى الملحق الثانى ص ٢٩٧ .

الباب الثانى عشر

معلومات اضافية عن الضوء

الخواص المميزة للضوء – معنى الضوء المستقطب – مثل شارد – كيف يمكننا أن نبين متى يكون الضوء مستقطبا – صور ملونة جميلة مستحدثة بالفانوس السحرى من ألواح عديمة اللون – برهان تجريبي على أن الأمواج الحرارية والأمواج الكهربائية حائزة عين الخواص المميزة التى للضوء المنظور – كيف تبعث المادة أمواجا أثيرية – كيف تؤثر الأمواج الأثيرية فى المادة – كيف تعكس بعض الأجسام الضوء وتمتصه أجسام أخرى – حكاية خرافية – كيف يقطب "التورمالين" الضوء .

أوضحنا فى الباب السابق أن ليس هناك شك مطلقا فى صدق القول بأن أمواج الحرارة المظلمة والأمواج الكهربائية هى أمواج ضوئية غير منظورة وأن الفرق الوحيد هو فى الطول الموجى أى فى المسافة الواقعة بين الأمواج المتتابعة .

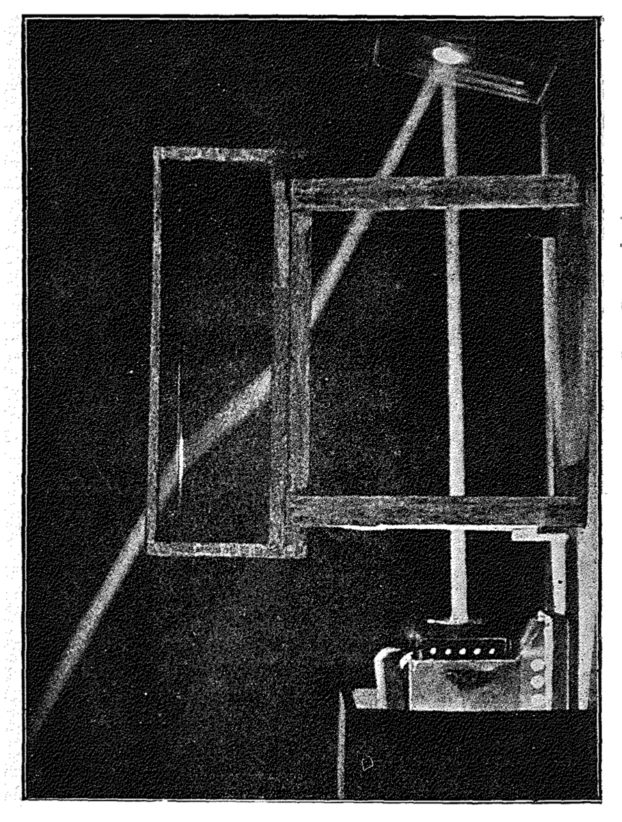
ولقد اعتدنا بعض خواص الضوء العادى حتى أصبحنا نمر بها ولا نكاد نلتفت اليها . فنحن نرى الضوء يسقط على المرئيات حولنا ولا نفكر فى أننا لا نرى هذه الأجسام الا لأنها تعكس بعض الأمواج الواقعة عليها وأن هذه الأمواج الأثيرية المنعكسة تدخل أبصارنا . يعلم كل انسان أن الضوء ممكن عكسه . وهناك خاصة أخرى للضوء لا يفوت أحدا من الناس حتى أقلهم مشاهدة أن يراقبها ، وهى أن الضوء ممكن ثنيه عن مساره العادى المستقيم فانك اذا وضعت عصا مستقيمة على زواية بحيث يكون جزء منها فى الماء وجزء فى الهواء ، ترى أنها تلوح كأنما هى عصا مثناة . هذا الانثناء فى الضوء أى الانكسار (Refraction) كما يسمونه ، مبين بوضوح فى الصورة الفوتوغرافية المقابلة لهذه الصفحة .

وهناك خاصة ثالثة للضوء، هي أنه يمكن استقطابه (Polarised) وهذه الخاصة على غرابة اسمها واحتمال تأديته بكثير من الناس الى تصوّر أن الموضوع صعب جدا هي فى الحقيقة سهلة غاية السهولة . ان أمواج البحر لا يمكن أن تهتز الا فى اتجاه علوى سفلى، أى رأسى، لأنها تحدث على سطح أفقى منبسط . على أن أمواج الأثير لا تحدث على سطح بل فى باطن بحرها الأثيرى العظيم، ولذا فوصفها بالعلوى السفلى لا يعنى شيئا خاصا بالنسبة لها ، لأن من السهل على أمواج الأثير أن تهتز فى زاوية ما كما تهتز فى غيرها .

قد نعمد ، لتسهيل القول ، الى تشبيه الأثير بمقدار عظيم من الفالوذج . تصوّر فالوذجا عاديا كالذى يقدّم على المائدة فى الغداء والعشاء . ولنفرض أن الطاهى قد صنع لنا فالوذجا كبيرا جامدا لأغراض تجريبية . اذا غرسنا فى الفالوذج دبوسين طويلين من دبابيس القبعات أحدهما مبعد عن الآخر فانا نجد أن أى حركة اهتزازية تعطى الى أحد الدبوسين يقلدها الدبوس الآخر. الفالوذج يحمل الطاقة من أحد الدبوسين الى الآخر .

لقد بعثنا حركة موجية فى الفالوذج . ولا عبرة بأن تكون الحركة علوية سفلية ، أو يمينية يسارية، فقد تكون على أى زاوية من الزوايا .

عند ما تحدث أمواج الضوء العادى من الجسم المسخن نتصوّر أن الاضطراب مسبب عن الكهارب الدائرة حول الذرات وان هذه تكون مستقرة على كل نوع من أنواع الزوايا بحيث يستعصى أن يتصوّر الانسان أمواج الأثير مهتزة فى اتجاه واحد ، فتقطيب الضوء معناه مجرد تصيد جميع الأمواج ما عدا ما كان منها مهتزا فى اتجاه واحد معين . وقد يساعد المثل التشبيهى الآتى على ايضاح المسألة :



ثني حزمة من الضوء

يرى فى الجانب الأيسر من الصورة الفوتوغرافية مصباح يرســل حزمة من الضوء تقع على مرآة ثم تنعكس الى أعلى . وتمر الحزمة فى صهريج زجاجى فيه ماء ذو تألق فوسفورى ، ثم يخرج منه داخلا فى الهواء . وتكسّر الضوء بانتقاله من وسط الى وسط ظاهر جدا .

لنفرض أن حيوانا ما كان يدنو من جدار عال ليس فيه منفذ الا شق رأسى يمتد من أعلاه الى أدناه، وأنه من السعة بحيث لا يسمح الا بمرور الحيوان منه على استقامة . اذا كان هذا الحيوان الوهمى يتجانف مسرعا من جانب الطريق الى الجانب الآخر ولا يقدر على وقف هذه الحركة الجانبية السريعة فظاهر أنه عند ما يصل الى الشق الضيق يتعطل سيره بتاتا . ولكن اذا كان شذوذ سير هذا الحيوان التخيلى ينحصر فى القفز باستمرار من تحت الى فوق، بيد أنه يسير مع ذلك الى الأمام فى خط مستقيم، فلن يعوق ذلك المنفذ الرأسى مروره . واذا سيق قطيع من هذا الحيوان الغريب نحو جدار فيه عدد من أمثال هذا المنفذ الضيق العالى فظاهر أنه لا تنفذ منه الا تلك الأفراد التى تتحرك تلك الحركة القافزة الرأسية، وعليه فاننا نجد فى الجانب الآخر قطيعا أصغر عددا ولكن كل فرد فيه متحرك رأسيا .

فى هذا المثل الشاذ تمثل الحيوانات حركات الضوء الموجية . ويمثل الجدار هو ومنافذه الرأسية فريقا من المواد أهمها الجوهرة البلورية المعروفة باسم "التورمالين" (Tourmaline) فان شريحة رقيقة من هذا الحجر الثمين تعمل حيال أمواج الضوء كما عمل الجدار هو ونوافذه الرأسية حيال تلك الحيوانات الشاذة من مثلنا المذكور. على أنا لا نريد فى الصورة الا تلك الأمواج ذات الحركة الرأسية المارة خلال التورمالين، اذ أن الضوء الذى يمر منها فعلا يكون مهتزا فى اتجاه واحد محدود أى مستقطب . (Polarised)

قد يلوح كل ما ذكر عن استقطاب الضوء تصوريا بحتا فكيف نستطيع أن نقطع بحدوثه ؟ نحن لا نرى فرقا فى شىء .

لنعد لحظة الى المثل السابق ، ولنفرض أن الجدار قد أدير على جانبه حتى أصبح الشق الرأسى أفقيا ، أو نجعل مثلنا أتم بتصوّر جدار عال فيه عدّة شقوق أفقية بمثابة منافذ . فى هذه الحالة لا تكون الحيوانات ذات الحركة القافزة الرأسية هى التى تمر، لأنها تجد طريقها معترضا تماما . أما الحيوانات ذات التحرك التجانفى فانها تستطيع أن تتجانف ما شاءت خلال تلك الشقوق أى المنافذ الأفقية . بهذا وذاك نكون قد استعملنا وسيلتين لتعطيل مرور فريق تلك الحيوانات الشاذة .

واذا نحن فى المبدأ سقنا القطيع كالسابق نحو المنافذ الرأسية فاننا لا نسمح بالمرور الا لما كان منها ذا حركة رأسية فى المسير . ونسوق هذه الحيوانات القافزة صوب الجدار الثانى المشتمل على منافذ أفقية فلا يستطيع أحد منها أن ينفذ . وتكون النتيجة أن لا تكون عندنا حيوانات مارة خلال الجدار الثانى . والأمر كذلك فى حجر التورمالين والضوء. فاننا نستطيع أن نحدث ضوءا مستقطبا رأسيا . وباصرار هذا خلال شريحة أخرى من التورمالين مدارة على جانبها أو بالتحديد على مدى ربع دورة فاننا نستطيع أن نسدّ الطريق فى وجه هذه الأمواج الرأسية ونحدث ظلاما تاما . وقد جرت العادة بتسمية قطعة التورمالين الأولى المستقطب (Polariser) والقطعة الثانية "المحلّل" (Analyser) بيد أنهما متماثلان بالضبط ولا تحتاجان الا الى اسمين مختلفين للدلالة على قطعة التورمالين التى يتناولها القول. وهنالك طرق أخرى لاستقطاب الضوء ولكن الذى نريده هنا هو تقرير أن هذا الأمر هو من خواص الضوء المميزة .

وقد نلاحظ على ذكر هذا أنه قد تحدث من الضوء المستقطب تأثيرات جميلة جدا على لوحة الفانوس فانه اذا وضع المستقطب والمحلل بحيث يقطعان الضوء كله فانا نجد اللوحة مظلمة ، واذا نحن وضعنا عندئذ شريحة رقيقة من حجر الطلق (mica) وهو مادة شفافة معروفة عديمة اللون ، بين القطعتين الاستقطابيتين فالمنتظر أن لا نرى شيئا . ولكن حجر الطلق تبعا لسماكته يسمح لبعض أطوال موجية من الضوء المستقطب ان تمر حتى يحدث فى مقابل ذلك احساس لونى عند النظر فى آلة الاستقطاب (Polariscope)أو عندالنظر الى الصورة الملقاةعلى لوحةالفانوس. وعند ما يدار المحلل يتغير هذا اللون بغتة بلونه المتمم . ولما يكون المحلل فى وضع معين فانه يسمح لبعض أطوال موجية بالانتقال و بوقف غيرها . ولكن اذا أدير المحلل خلال ٩٠° فان الأطوال الموجية التى سبق انتقالها تقف والتى سبق وقوفها تنتقل . وهناك مواد أخرى تعمل عمل الطلق ، وتتوقف الألوان المنتقلة على طبيعة المادة المستعملة وكذا على سماكة الشريحة التى يمر منها الضوء المستقطب .

ولقد رأيت صورا ملوّنة تلوينا عجيبا ناتجة عن ألواح عديمة اللون تماما من ألواح الفانوس السحرى بمساعدة الضوء المستقطب فالصور التى على اللوحات المذكورة مؤلفة من عدّة شرائح من مواد مختلفة عديمة اللون . وجميعها مجمعة بعضها الى بعض بدقة وكمال على صورة ببغاء ، أو غيره ، متعدّدة الألوان . اللوحة عديمة اللون ومع ذلك فانه لما يرى الانسان صورتها على لوحة الفانوس يصعب عليه أن يدرك أن الصورة لم تنتج عن لوحة منقوشة وملوّنة . وتزداد روعتها اذا أدير المحلل اذ تتبدل الألوان بتاتا فترى حمرة ذيل الببغاء قد انقلبت زرقة مخضرة . واذا لف المحلل

تجد جميع الألوان قد تبدلت بتمامها . فيصبح الأصفر أزرق والوردى أخضر والأزرق المخضر أحمر .

وقد صرنا مما سبق على علم بأن الضوء يمكن استقطابه . وهذه الخاصة الضوئية لا تقع تحت حسنا فى حياتنا اليومية العادية ولكن هناك خاصة بارزة أخرى للضوء نلحظها دائما . فانه لا يفوتنا أن نلاحظ أن الضوء العادى الساقط على أنواع شتى من الأشياء لا ينعكس كله عنها . ولا يفوت أضعف الناس ملاحظة أن الشيء الأبيض اللون يعكس من الضوء أكثر بكثير مما يعكسه الشيء الأسود . فماذا يحدث للضوء الذى لا ينعكس ؟ لا بد أن الجسم الذى وقع عليه قد امتصه . هذا الامتصاص للضوء هو من خصائص الضوء الثابتة . وهو مما يقع على الدوام تحت حسّنا .

نستطيع أن ندرج مختلف خواص الضوء تحت الرءوس الآتية :

الانعكاس والامتصاص والانكسار والاستقطاب . فهل صحيح أن جميع الأمواج الأثيرية حائزة على هذه الخواص بعينها ؟ لا بد أن تبدى الأمواج الأثيرية هذه الظواهر الطبيعية بعينها اذا كان حقا أن الضوء والحرارة الاشعاعية والأمواج الكهربائية جميعها متطابقة الا فى أطوال أمواجها ، والآن نريد أن نرى برهانا عمليا على صدق هذا القول .

فى أول الأمر نقارن الحرارة الاشعاعية بالضوء . لا حاجة بنا الى الاستشهاد لاثبات أن الحرارة ممكن عكسها كما يعكس الضوء المنظور . اذا فكر الانسان فى السبب الذى يدعو الثمرة الى سرعة النضج اذا كان نموها على جدار أكثر مما لو كان نموها على شجرة

يسوقنا هذا الى استنتاج أن الحرارة تنعكس على الثمرة من الجدار فتجتمع لها أمواج هذه الحرارة المنعكسة فضلا عن أمواج الحرارة الأصلية .

واذا أردنا برهانا تجريبيا على انعكاس أمواج الحرارة الاشعاعية نجد تجارب عديدة من هذا القبيل . اذا رجعنا بالتصور الى المعهد الملكى فى أوائل القرن التاسع عشر نجد سير همفرى داڤى (Sir Humphry Davy) يبين هذه المسألة بعينها . نجد بين يديه مرآتين مقعرتين كبيرتين من فلز مفضض . احداهما معلقة فوق منضد التدريس وفوهتها الى أدنى ، والأخرى راقدة على المنضد وفوهتها الى أعلى . احدى المرآتين على ارتفاع سقف عادى وهى موضوعة بحيث يمكن تنزيلها بسهولة الى المنضد وترفع بعدئذ . وتحمى كرة حديدية الى درجة الحرارة الحمراء وتعلق بواسطة هلب مثبت فى باطن تلك المرآة المقعرة ثم ترفع المرآة ثانية . فى هذه الحالة تنعكس الأمواج الحرارية الى أدنى على المرآة الأخرى الموضوعة على المنضد و بعد سقوطها عليها تجمع فى بؤرة ، أى أنها بعبارة أخرى تجمع الأمواج بعضها الى بعض وتتلاقى فى نقطة . واذا وضع سير همفرى داڤى يده عند هذه النقطة فانه لا يستطيع ابقاءها عندها طويلا اذ الواقع أنه اذا وضع أى مادة قابلة للاشتعال عند هذه النقطة فانها تشتعل على الفور بتأثير الحرارة المركزة . فلنكتف بهذا فى موضوع انعكاس الحرارة الاشعاعية ، فاننا مقتنعون بأن أمواج الضوء وأمواج الحرارة فى الأثير هى من وجهة هذه الخاصة واحدة .

والخاصة الثانية التى سنتناولها هى الامتصاص . إن مسألة امتصاص الحرارة الاشعاعية من الشيوع بحيث يصعب أن يتذكر الانسان تجربة طريفة . لنفرض أن الأرض مغطاة بالثلج تغطية

كاملة والشمس مشرقة ونأخذ قطعتين من قماش القطن كلتاهما من نسيج واحد سوى أن احداهما قد قصرت (بيضت) تقصيرا كاملا والأخرى قد صبغت بالسواد . اذا وضعنا هاتين القطعتين على سطح الثلج بحيث تقع أشعة الشمس عليهما بالسواء فاننا نجد أن الثلج الذى تحت القطعة السوداء يذوب قبل الثلج الذى تحت القطعة البيضاء بزمن طويل . فظاهر من هذا أن القماش الأسود قد امتص أمواج الحرارة فى حين أن القماش الأبيض قد عكسها وبهذا وقى الثلج . صح إذن أن الضوء والحرارة الاشعاعية فى هذه الخاصة الثانية يسلكان مسلكا واحدا اذ أن كلا منهما يمكن أن تمتصه بعض المواد .

فما بال الخاصة التالية: الانكسار ؟علينا أن نجرى تجربة معملية لتبيان هذه . نحن نعرف أن منشورا من الزجاج يثنى الضوء عن مساره المستقيم العادى ، ولكن لما كان منشور الزجاج معتما بالنسبة لأمواج الحرارة الاشعاعية ، فسنستعمل منشورا من الملح الصخرى ، اذ أن هذه المادة تسمح لأمواج الحرارة الاشعاعية أن تمر خلالها . نبتدئ بتهيئة ينبوع من الحرارة حتى يلقى حزمة من الحرارة الاشعاعية باستقامة على ترمومتر حساس . ويقوم مقياس الترموبيل (Thermopile) أى الترموكوبل (Thermocoupile) الكهربائى بمثابة مقياس حرارة مناسب جدا لكشف هذه الأمواج الحرارية الاشعاعية . اذا وضعنا مقياس الحرارة الى جانب قليلا كى لا تصل اليه أمواج الحرارة فانه يعين الحرارة العادية للغرفة ، واذا وضعنا منشورا من الملح الصخرى فى طريق أمواج الحرارة نجد أننا نستطيع أن نعطفها الى جانب حتى تقع على مقياس الحرارة . نعم اننا لا نستطيع رؤية الأمواج ولكنا نرى درجة حرارة المقياس آخذة فى الارتفاع ، ولذا فانه لا صعوبة فى تسليم الانسان بصحة

القول بأن الضوء والحرارة الاشعاعيــة هما من طبيعة واحدة من حيث هــذه الخاصة الثالثة ، أى الانكسار . كل تلميــذ يعرف أن العدسة تكسر أمواج الحرارة فتثنيها وتجمعها فى بؤرة ، وليس أمر زجاجات الاحراق مجهولا لأحد منا . وأذكر أنى قرأت فى بعض الجرائد اليومية أن صبيا اشعل النــار فى الستار الداخل لنافذة دكان وهو واقف خارجها يركز أمواج حرارة الشمس على الستار بواســطة عدسة مكبرة ، ولكن من حسن الحظ أنهم أطفأوا النــار قبل أن تحدث ضررا كبيرا والا فربما كان الأمر على غير ما حدث .

لم تبق الا خاصة الاســتقطاب . وهــذه يمكن تبيانها بوسائل ممــاثلة جدا لتلك التى اســتعملت فى استقطاب الضوء المنظور . ويستعمل مقياس التشعع (الترموبيل) لكشف وجود الأمواج الحرارية .

فما بال الأمواج الكهربائية التى من قبيل المستعمل فى الكهربائية اللاسلكية ؟ أهى أيضــا حائزة خواص الانعكاس والانكسار والاستقطاب ؟ إن لدينا وسيلة صالحة لكشف هذه الأمواج الكهربائية . فاننا نستطيع أن نهيىء تهيئة يبعث فيها جرس كهربائى على الدق عند ما تسقط تلك الأمواج على مستقبل لاسلكى . عند ما نحدث وابلا من الشرر الكهربائى نبعث أمواجا كهربائية فى الأثير المحيط . وهذه الأمواج تنتشر فى جميع الاتجاهات ، فاذا وضعنا هذا المرسل أو جهاز الشرر داخل صندوق من النحاس فاننا نحبس كل الأمواج . ولكنا اذا تركنا فتحة فى جانب من الصندوق فان بعضها ينطلق منها ، وهذا البعض يسير الى الخارج فى خط مستقيم ولكنه ينتشر بالتدريج متسعا كما يفعل الضوء . فاذا كان المستقبل اللاسلكى

واقعا داخل خط النار أى فى مجراها فلا بد أن يدق الجرس. ولكنا نضع المستقبل فى صندوق نحاسى آخر فيه فتحة هو أيضا ، ونضع هذا الصندوق بحيث تكون فوهته على بعد يكفى لكى لا تصل اليه الأمواج الكهربائية بل تنطلق مارة به ولا تدخل . فاذا نحن فى هذه الحالة أمسكنا بصفيحة فلزية ووضعناها فى مسار الأمواج فاننا نجد أننا بامساكنا الصفيحة على زاوية معلومة نستطيع أن نعكس الأمواج الكهربائية حتى تدخل صندوق المستقبل وتدفع الجرس الى الدق . ألا انه لا شك فى أن الأمواج الكهربائية حائزة لخاصة الانعكاس هذه .

هذا وبدلا من استعمال صفيحة من الفلز لنعكس بها الأمواج الكهربائية نضع منشورا فى مسارها فنجد أن الأمواج فى مرورها خلال المنشور تنكسر أى تنثنى الى جانب حتى تدخل صندوق المستقبل. ولهذا الغرض نستعمل منشورا من البرافين اذ أنه أشف للأمواج الكهربائية .

وقد استنبط بعض المشتغلين بالتجارب وسائل مختلفة لبيان أن هذه الأمواج الكهربائية مستقطبة، أى أنها جميعها مهتزة فى اتجاه واحد . وأبسط برهان تجريبي على ذلك هو أنها تمر خلال شباك سلكى خاص حين يكون على وضع خاص. فاما اذا أدير حتى تصبح أسلاك الشباك على زاوية قائمة بالنسبة للوضع الأول انسد الطريق أمام الموجات . والسبب فى هذا واضح مما سبق لنا الكلام بصدده عن الضوء المستقطب. الأمواج فى الحالة الحاضرة مستقطبة فعلا فمقام الشباك السلكى اذن مقام قطعة التورمالين الثانية Tourmaline المعروف بالمحلل .

لا يقوم فى أذهاننا شك فى صدق القول بأن أمواج الضوء والحرارة الاشعاعية والأمواج الكهربائية جميعها من طبيعة واحدة، اذ عندنا من البراهين التجريبية القاطعة أن خصائصها واحدة. وقد جرت العادة بادراج هذه الخصائص تحت باب الضوء، ولكن هذا يتطرق بنا الى الكلام عن الضوء المنظور وغير المنظور وهذا يبدو لنا من المتناقضات. فقد اعتدنا أن نقرن كلمة الضوء باحساس النور، ولذلك يبدو قولنا "ضوء مظلم" مضحكا. وجدير أن يبرر ادراج هذه الفرق الثلاث تحت عنوان "الأمواج الكهربائية"، ولكن هذا الاصطلاح أنسب فى اطلاقه وصفا لتلك الأمواج التى يبعثها المرسل اللاسلكى. فخير وسيلة لنا أن نسميها جميعا "أمواجا أثيرية" بعضها يبعث حرارة فى المواد التى تقع عليها وبعضها يؤثر فى احساسنا البصرى، والبعض يحدث تأثيرات كهربائية. وسنرى عند ما نصل الى بحث مسألة اللون وجه الفائدة من ألّا تسمى أمواج الأثير ضوءا.

نحن على اقتناع بأن أمواج الأثير ممكن عكسها وامتصاصها وانكسارها واستقطابها ولكن كيف تحدث هذه الأمور؟ إن البراهين التجريبية لا تبدى لنا أسباب ظواهرها المختلفه.

تتجه أفكارنا بطبيعة الحال الى الكهارب التى لنا بها دى والأثير فى بعض الأمور الأساسية علم يذكر. ظاهر أنه يقع على تلك الشحن الدقيقة من الكهربائية السلبية حمل ثقيل جدا. فقد رأينا أنها هى المادة التى تتكوّن منها الذرات، وأن التيارات الكهربائية والتفريغات الكهربائية ليست إلا تلك الكهارب الدقيقة فى حالة حركة. ورأينا أيضا كيف أن حركات هذه الكهارب تحدث مجالات مغناطيسية وأمواجا كهربائية وحرارة إشعاعية، وضوءا منظورا، وكل صنف من الموج الأثيرى.

عند ما تترجح الكهارب الى الامام والوراء فى دائرة سلكية كهربائية تبعث أمواجا طويلة جدا فى الأثير المحيط . وعند ما تكون عندنا كهارب تترجح الى الأمام والوراء فى سلك نقول إن عندنا تيارا متبادلا من الكهرباء فى السلك . وانما نطلق عليه هذا النعت لنفرق بينه وبين التيار المباشر أى المستمر . فى هذه الحالة لا تكون الكهارب مترجحة الى الأمام والوراء بل متحركة باطراد مستديم فى اتجاه واحد محدود ؛ وقد صوّرناها كأنما هى تسلم على استقامة الخط من ذرة الى ذرة . أما اذا كان هناك تيار متبادل فى سلك فانا نتصوّر حركة أمامية ورائية سريعة للكهارب ، ونقول إذ ذاك إننا بعثنا "اهتزازات كهربائية" فى السلك ، وأسرع معدل وجد للاهتزاز الكهربائى نتج بواسطة ملفات التأثير ، وقد حسب فعرف أنه يقرب من سبعين ألف مليون اهتزاز فى الثانية. وهذا فيما يبدو معدل عظيم جدا ، ومع ذلك فهو دون الربعمائة بليون اهتزاز فى الثانية التى يحتاج الأمر اليها لانتاج الضوء المنظور. والكهارب التى تحدث أمواج الأثير التى تؤثر فى بصرنا غير مترجحة الى الأمام والوراء ، بل هى دائرة حول ذرات المادة. وتلك الكهارب المنتجة للأمواج الأثيرية المعروفة بالضوء الأحمر تدور حول ذراتها الخاصة بها أربعمائة بليون دورة فى الثانية .

واذ أصبحنا عالمين بفكرة الكهارب المثيرة للأثير المتخلخل والتى تعطينا بذلك حلقة اتصال معلومة بين الأثير والمادة ، فانه يلذ الانسان أن يرى كيف أن هذه الأمواج الأثيرية تؤثر فى المادة. مما لا مشاحة فيه أنه عند ما تقع موجة أثيرية على المادة فانما الذى يتأثر بها هو الكهارب التى فى المادة . هذه الكهارب الدقيقة ساعدتنا على الخروج من صعوبة عظيمة . فاننا قبل أن أصبحنا

نعلم بوجودها لم نكن نستطيع أن نفهم كيف تتأثر المـادة بأمواج الأثير الساقطة عليها . أما وقد استكشفنا هذه الكهارب الدقيقة فقد وضح لنا كل شيء لأن الموجة الكهراطيسية تؤثر بكل تأكيد فى هذه الشحنات الصغيرة ، أى الذرات الكهربائية .

الكهارب فى الشمس المتأججة دائرة حول طيس [١] من ذرات المـادة على درجات مختلفة جدا من السرعة . وسنرى فيما بعد السبب فى أن الكهارب تدور حول بعض أنواع من الذرات أسرع مما تدور حول غيرها . تلك الكهارب التى فى الشمس البعيدة محدثة صنوفا مختلفة جدا من الأطوال الموجية فى الأثير .

فلنفكر أولا فى تلك الأمواج الطويلة التى نسميها الحرارة الاشعاعية . عند ما تقع هذه الأمواج على قطعة من المـادة على هذا الكوكب تثير الكهارب الموجودة فى باطن المـادة . فلنفرض أن المـادة كانت قطعة من الفلز . فالكهارب التى فى الفلز هى بالفعل فى حالة حركة قبل سقوط الأمواج الأثيرية عليها ، ولكنها حركة غير ذات انتظام؛ بعض الكهارب مستمر فى حركة تنقله من ذرة الى ذرة . فهى فى هــذه الحالة أشبه بجماعة من أطفال صغار جدا يخوضون خلال مرقص رباعى [٢] فالكهرب يلف حول ذرة و يصطدم بذرة أخرى بجأة و يلف حولها ، و يستمر هكذا تائها هائمـا بين الذرات . لا تكون حركته منتظمة دورية ، بل مجرد اهتياج واضطراب . ولكن ورود طوائف من الأمواج الأثيرية يحدث اضطرابا معيّنا ، و يمكننا أن نصوّر تلك الأمواج الأثيرية

(١) الطيس العدد الكثير ودقاق التراب والبحر وكثرة كل شيء من الرمل والمـاء ونحوهما وهو تعريب كلمة (Multitude)

(٢) نوع من اللعب تكون فيه أربعة أزواج يتجه كل زوج منها الى الداخل من أربع جهات .

الطويلة منفقة على عجل جميع طاقتها فى معارضة حركات الكهارب الهائمة والقائها هنا وهنالك من ذرة الى ذرة . فى هذا الاضطراب العام تندفع الذرات والجزيئات الى حالة اهتزاز أكبر ، ونقول عندئذ إن قطعة الفلز قد أصبحت محماة ونرى الحرارة الاشعاعية الواردة من الشمس بعد انتقالها ملايين من الأميال فى بحر الأثير متحولة الى حرارة جزيئية فوق هذا الكوكب .

فما بال تلك الأمواج الأثيرية التى نسميها : الضوء المنظور ؟ الشمس تحدث هذه ايضا وعند ما تصل الى هذا الكوكب تستقبلها المواد المختلفة بطرق مختلفة . فى كل حالة تعترض حركات الكهارب الموجودة فى باطن المادة حركات الأمواج الواردة ، تميل الكهارب دائما الى التحرك فى الاتجاه المضاد لدفع الموجة . ولا داعى لبحث السبب فى هذا الاعتراض ولكن اذا أراد أحد القراء أن يتقصى الموضوع فله أن يرجع الى صفحة ٩٦ حيث رأينا كيف أن الكهارب المترجحة الى الأمام والوراء فى أحد الأسلاك تؤثر فى كهارب سلك بعيد . يجب علينا ونحن نصوّر حالة مقاومة عامة من جانب جميع الكهارب للأمواج الأثيرية المغيرة أن نلاحظ بصفة خاصة أن فريق المعارضين العاملين الحقيقيين هو تلك الكهارب القادرة على الاهتزاز بنفس سرعة الأمواج الواردة . وسنرى السبب فى هذا من الباب الآتى . ولكن الذى نريد أن نلاحظه فى الوقت الحاضر هو أن هذه الكهارب تنجح فى وقف الأمواج الواردة . ولكن ما ذا يحدث للكهارب ؟ النتيجة تتوقف على كون الكهرب يستطيع أن يحتفظ بمركزه أو لا يستطيع . فان كان اتصاله بالذرة اتصالا رخوا فلا بد أن ينطرد منها و يلقى من ذرة الى ذرة حتى تتلف موجة الطاقة بانقلابها الى حرارة . اذا

حدث هذا نقول إن الضوء قد امتصته المادة التى وقع هو عليها وتسمى المادة سوداء .

فى باب سبق رأينا قدرة أمواج الأثير على اخراج الكهارب من ذراتها ، رأينا أنه عند ما سقطت الأشعة فوق البنفسجية على لوحة رقيقة من الخارصين المصقول الذى أعطى له مزيد من الكهارب أى أنه شحن شحنا سالبا ، أخرجت بعض الكهارب من الخارصين وانطلقت فى الهواء .

لنعد الى حالة الضوء العادى الساقط على مادة فيها الكهارب قادرة على وقف الأمواج الأثيرية .

عرفنا النتيجة حين تكون الكهارب سهلة الاخراج . فلنفرض أن الكهارب مجذوبة جذبا متينا بذراتها . فى هذه الحالة تكون الكهارب قادرة على الاحتفاظ بمراكزها ، غير أنها تدفع الى اهتزاز منتظم السرعة مثيل بالضبط باهتزاز الموجة الواردة ولكنه مضاد لها ، وبعبارة أخرى تكون الكهارب على مسافة نصف طول موجة وراء الأمواج المغيرة . ولكن لا حاجة بنا الى طول التفصيل . يكفينا أن نلاحظ أنه عند ما تبقى الكهارب متصلة بذراتها فانها تدور حولها بنفس سرعة الموجة الواردة التى تنجح الكهارب فى صدها . على أن الكهارب فى عملها هذا تبعث أمواجا أثيرية على حسابها الخاص . وتكون هذه الأمواج الأثيرية الجديدة بالضرورة ذات طول موجى مثل طول الموجة الواردة . فنقول لذلك إن مثل هذه المواد تعكس أى ترد الضوء ، وعند ما ترد أمواجا من جميع الأطوال الموجية من الأحمر الى البنفسجى ، نقول إن هذه المواد بيضاء .

نرى مما تقدم أن معنى الانعكاس مختلف تمام الاختلاف عما قد عرفنا منه فيما مضى. فقد اعتدنا أن نتخيل الضوء منعكسا عن السطح كما تنعكس كرة من الصمغ المرن عن جدار معترض . أما اليوم فنحن نتصوّر أن الموجة الواردة موقوفة وحادثة بدلها طائفة جديدة من الأمواج الأثيرية بواسطة الكهارب التى تنجح فى وقف الأمواج الواردة . وأن اللحظة التى تقف فيها الأمواج الضاربة هى اللحظة التى تقف فيها الكهارب عن الدوران بالسرعة اللازمة لانتاج تلك الاهتزازات المنتظمة التى تحدث الضوء المنظور. على أن هناك استثناءات لهذه القاعدة، ففى بعض الأحوال تستمر الكهارب فى الدوران لمدة أطول ، ولذلك تعطى ضوءا بعد انسحاب الأمواج الضاربة . فى مثل هذه الأحوال نقول إن المادة ذات تألق فوسفورى . والدهان الزيتى (البوية) المنير اذا تعرض لضوء النهار يستمر فى عكس هذا الضوء مدة تذكر بعد أن يوضع فى غرفة تامة الإظلام .

يخيل الىّ أن فى القراء من يرى فكرة الانعكاس الجديدة غير ضرورية وأنه لا يضيره أن يستمر على أن انعكاس الضوء يحدث بمجرد الارتداد عن سطح . ولكنه لا يستطيع أن يفسر التألق الفوسفورى على هذه القاعدة. بل أهم من ذلك أنه لا يستطيع أن يفسر ظواهر اللون تفسيرا معقولا كما سنرى عند ما نتناول هذا الموضوع الشائق .

ليس فى الوجود مادة قادرة على امتصاص كل أمواج الضوء التى تقع عليها ، اذ تبقى دائما بعض كهارب تكون على الأقل قادرة على الاحتفاظ بمراكزها ضد الأمواج الواردة ، وفى عملها هذا ترد أو تعكس بعض الضوء ، وعليه فلا توجد مادة — مهما صبغناها بالسواد — تستعصى على الرؤية اذا سقط عليها الضوء .

وأتذكر أنى قرأت قصة سخيفة مسلية تتضمن أن أحد العلميين اخترع صبغا يمتص كل موجة ضوئية تقع عليه ، وأنه أراد أن يمزح مع أحد اخوانه العلميين فصبغ كلب صاحبه بذلك الصبغ حتى أصبح الكلب لا يرى منه الا طوق رقبته النحاسى الأصفر متنقلا به هنا وهناك . فلما عرف صاحبه سرّ الأمر صبغ هو أيضا بيت المخترع جميعه بالصبغة نفسها حينما كان صاحبه غائبا عنه، فلما عاد أذعره أن بيته قد اختفى فى غيابه . لا مشاحة فى أن الحكاية إفك مضحك. فانه اذا كانت تلك الصبغة الموهومة قادرة فعلا على امتصاص جميع أمواج الأثير فان الحيز الذى يشغله المرئى لا بد أن يرى كرقعة من الظلام .

على أن بحث الحكاية السابقة قد يساعدنا على ايضاح بعض نقط أخرى. لنفرض أن واضع الحكاية كان على جانب من الدراية بالعلوم أكثر مما تدل عليه حكايته. انه لو كان كذلك لتناول الطرف الآخر من الموضوع فذكر أن المازح قد استطاع أن يجعل جسم الكلب بحيث لا يعترض أمواج الأثير فينفذ الضوء حرا خلال جسم الكلب ، و بسبب ذلك ، وبعبارة أخرى كان يستطيع أن يجعل الكلب شفافا جدا فتتعذر رؤيته تبعا لذلك. ولكن كانت الصعوبة التى يلاقيها المؤلف تنحصر فى بيان الكيفية التى يدبر بها المازح هذا الأمر . فانه من الظاهر أنه ما كان يستطيع أن يستعمل صبغة لهذا الغرض. ولذلك كانت الفكرة التى ارتآها بسيطة ،لأن الصبغة السوداء تستطيع أن تمتص ، أى تقف أمواج الأثير عند سطح الجسم ، واستعمال صبغة تامة الشفوف لا يجدى شيئا لأن الضوء كان يمر حرا خلالها ثم ينعكس عن جسم الكلب كالسابق. فلا بد له والحالة هذه من تصوّر علاج آخر يؤثر فى جميع مادة جسم الكلب .

فى غالب المواد لا تخترق أمواج الضوء الا طبقة رقيقة جدا من السطح ، وهناك تمتص أو تنعكس فأما اذا لم يحدث هذا ولا ذاك فان أمواج الأثير تمر حرة خلالها ونقول انها شفافة للضوء . وليس فى المواد ما هو تام الشفوف، اذ لا بد أن يبقى من الكهارب عدد و إن قل قادر على المحافظة على الحركة الدائرة اللازمة لرد بعض الأمواج الأثيرية . نحن نعلم أن فى المواد ما يشف شفوفا رائعا . فى أوائل العهد بألواح الزجاج بنى جدى لنفسه منزلا على مسافة من بلدته وكان هذا أول منزل فى الناحية وضعت به ألواح زجاج . وحينما تم المنزل جاء زائر عجوز فأدخل احدى غرف الجلوس . ولما دخل عليه جدى وجده قد رفع قبة ردائه الى أعلى واتشح بشال كبير ، ذلك لأنه ما كان يعتقد أن فى النوافذ زجاجا ، واذ كان الوقت شتاء فقد أشفق أن يصيبه البرد ففعل ما فعل . ولقد صعب علىّ غير مرة أن أحكم : هل بينى و بين مرئى لوح من الزجاج أم لا ، لشفوفه اذ أن الضوء كان فى مثل هذه الأحوال منخفضا ، والا لما استعصى على ذلك، اذ الهواء نفسه غير شفاف تماما .

يحسن بنا فى ختام هذا الباب أن نجمع الآراء الخاصة بمسلك أمواج الأثير عند ما تقع على قطعة من المادة . فاذا كنا قد تناولنا على الأخص تلك الأمواج الأثيرية التى تؤثر فى بصرنا فان هذا القول يسرى أيضا على أمواج الحرارة الاشعاعية والأمواج الكهربائية .

فى أغلب المواد أمواج الأثير تقفها الكهارب الموجودة على سطحها . فاذا انطردت الكهارب من ذراتها أثناء وقفها الأمواج فان الأمواج تمتص . واذا بقيت الكهارب متصلة بذراتها

فان الأمواج تنعكس . وفى كلتا الحالتين تكون الكهارب العاملة هى التى تستطيع أن تهتز بنفس سرعة الأمواج الأثيرية الواردة . واذا لم تكن فى المادة كهارب قادرة على مقاومة الأمواج الواردة تماما فان الأمواج لا تقف بل تنفذ خلال المادة . على أنه يحدث للأمواج شيء من الاعتراض ، ولذلك نجد أنها تتعطل فتفقد نحو ثلث سرعتها الأصلية فى وسطٍ مثل الزجاج .

وفضلا عن الفرق الثلاث المميزة السالفة توجد بطبيعة الحال مواد عديدة تسلك فى بعض أمرها مسلك احدى الفرق المذكورة . وفى البعض الآخر مثل فريق ثان . بعض المواد شبه شفافة أو قد نقول شبه معتمة . ونستعمل كلمة معتم نعتا لكل المواد التى لا تسمح للأمواج أن تمر خلالها ، سواء امتصت الأمواج أو ردّتها . والمعروف أن فى المواد ما يمتص جزءا من أمواج الأثير الساقطة عليه و يعكس الباقى وهكذا .

أما سبب الاستقطاب فجلى . أمثال التورمالين من المواد مشتمل على كهارب قادرة على الاهتزاز فى اتجاه واحد محدود . وعليه فان الأمواج التى تمر خلال مثل هذه المادة تكون كلها مهتزة فى اتجاه واحد خاص كما هو حال الأمواج العلوية السفلية على سطح البحر .

وأروع من كل هذه الظواهر كون بعض المواد قادرة على عكس بعض أطوال موجية محدودة فتحدث ظاهرة اللون . على أن هذا الموضوع من ذيوع الأهمية بحيث يتطلب بابا كاملا .

الباب الثالث عشر

تعليل اللون

لماذا كان موضوع اللون مربكا — احساس الألوان — الآراء التى سبقت استكشاف نيوتن — آراء نيوتن — كيف تمتص المواد أطوالا موجية معينة وتعكس ما سواها — الكهرب الدائر — مثل قياسى فلكى — كيف يبعث كهرب ما أمواجا أطول مما يبعث غيره — مثل قياسى بالشوكة الرنانة — الأمواج التى تكوّن الطيف المنظور — قد تبدو الأشياء الحمراء سوداء فى بعض الأضواء — مضاهاة لونية كاملة ومع ذلك تكون مضاهاة رديئة جدا . بعض ملاحظات على الأبصار اللونى — فكرة خاطئة عن العمى اللونى — الأصباغ الدالة على الحرارة .

يدهشنا عجز كثير من الناس عن إدراك حقيقة معنى اللون . نعم لم يكن لدى الناس حتى وقت قريب من بيان علته الا شيء يسير ، اذ عرف أن بعض المواد يمتص بعض الأمواج الأثيرية ويعكس بعضها فتلوح المرئيات بسبب ذلك ملوّنة ؛ ولكن ظل سر هذه الخاصة الانتخابية للمواد غامضا على حاله . اذ لماذا تمتص المادة المعينة نوعا معلوما من الأطوال الموجية ولا تمتص غيرها ؟ هذا ما لم يكن معروف العلة حتى استكشفت نظرية الكهارب .

يلوح موضوع اللون فى نظر الانسان العادى متعبا ، ولا عجب أن يكون كذلك ما دام الذين يفهمون الموضوع حتى الذين يحسنونه مطمئنين الى الكلام عنه بصيغة مضطربة مهوّشة . يعجزنا أن نفرق تفريقا صحيحا بين اللون والضوء . نقول إن نيوتن فى مختتم القرن السابع عشر قد استكشف أن الضوء الأبيض العادى خليط من جميع

ألوان قوس قزح ، ونقول إن الضوء الأبيض حزمة من الأشعة الملونة ونفكر فى احدى المواد فنقول إنها تمتص بعض أشعة لونية وتعكس البعض الآخر .

أسلوب هذا الكلام يعتبر متمشيا تمام التمشى مع السنة المعروفة، وأرى أنه يعلل كثيرا من المشاكل الخاصة بموضوع الضوء، ولكن الواقع أنه لاحق لنا فى أن نسمى اللون الأبيض حزمة أو خليطا من أشعة لونية لأنه مجرى من الأمواج الأثيرية مختلفة الأطوال لا أكثر . ولعل فى التشبيه القياسى الآتى معوانا على الايضاح . نفرض أن جنديا فى ميدان القتال قد أصابته رصاصة مارقة وأحدثت عنده احساسا مؤلما . لا شك أن الرصاصة المارقة شيء واحساس الألم شيء آخر. اذ لا يمكن أن يسمى أحد الرصاصة نفسها ألما ، ومع ذلك فنحن نجرى على هذا فيما يختص بالضوء. ليس عندنا فى ضوء الشمس العادى شيء الا أمواج أثيرية من أطوال مختلفة . وعندما تقع هذه على أبصارنا تحدث بعض احساسات لونية . فاذا دخلت كلها العين فانها تحدث احساسا خاصا نسميه «أبيض» واذا حجزنا بعض الأمواج وسمحنا لموجات ذات أطوال محدودة بدخول العين فاننا نستشعر احساسا خاصا محدودا تبعا لأطوال الأمواج الداخلة . فليس لنا حق والحالة هذه فى أن نسمى هذه الأمواج الأثيرية ألوانا أو أشعة لونية، اذ أن هذه الأمواج كالرصاصة المارقة تضرب شيئا وتحدث احساسا. يجب علينا أن نفرق جليا بين الاحساس وبين ما يسببه . انما نستطيع أن نقول عن جسم مضيء إنه يرسل أشعة لونية كما يقول الشاعر عن مدافع العدو انها تصب ألما وموتا . إننا نعنى بموضوع اللون عندما نكون بصدد درس الحواس ، أما أمواج الأثير وحدها فتهمنا حين نبحث فيما يحدث خارج نفوسنا .

كان الناس يعتقدون قبل عهد نيوتن أن الضوء جميعه أبيض بفطرته . وحين كان يمر فى زجاجة حمراء كانوا يظنون أنه يصطبغ بحمرتها . واذا سقط الضوء على جسم أخضر تصوروا أنه انما أصبح كذلك بفعل الجسم فيه وهكذا . كما أنهم كانوا يعتقدون — ونيوتن معهم — أن الضوء شىء مادى متألف من جسيمات صغيرة جدا أى كريات . وقد طال التشاحن بصدد نظرية كريات نيوتن والقول بأن الضوء لم يكن الا حركة موجية فى الأثير .

على أن نيوتن قد نقض العقيدة السائدة يومئذ القائلة بأن الضوء الأبيض شىء بسيط فرد . فقد أمكنه بامرار حزمة من ضوء الشمس العادى فى منشور زجاجى ، أن ينتج كل ألوان قوس قزح اذ خرجت من الجانب الآخر للمنشور ألوان متميز بعضها عن بعض وانتشر كل منها على صورة شريط بدلا من تلك الحزمة البيضاء من الضوء العادى . لم يستطع أحد أن يزعم يومئذ أن الضوء الأبيض قد لونه منشور الزجاج لأن الزجاج عديم اللون . ولم يكن هناك شك فى أن المنشور انما فرق أى فرز مختلف مكونات ضوء الشمس . ولقد كان هذا استكشافا عظيما حقا ، قد تفوتنا خطورته . بيد أنا سنرى عظيم ما اكتسبناه من المعرفة بفضل تحليل الضوء بهذه الطريقة عند ما نصل الى الكلام على آلة التحليل الطيفى المعروفة بالمرقب الطيفى (Spectroscope) ومقدار ما رقت به من آرائنا العلمية .

وسيتضح أن هناك شيئين مفترقين يجب علينا تناولهما عند ما نتلمس تعليلا للون : يقتضى الأمر أن نبحث فى الأمواج الأثيرية نفسها ثم فى الاحساسات الناتجة من اصطدام هذه الأمواج بشبكية العين .

أولا — نريد أن نعرف كيف أن المواد تحوز تلك الخاصة الانتخابية ، خاصة امتصاص بعض أطوال موجية . لقد رأينا من الباب السابق بصفة عامة كيف تسلك الكهارب بتأثير اصطدام الأمواج الأثيرية بها . يحدث هناك تفاعل عام . تقاوم جميع الكهارب التابعة الدائرة فى باطن المادة ، الأمواج الواردة . ولكن لماذا يكون كهرب أقدر من غيره على الاهتزاز أى الدوران بسرعة خاصة معينة ؟ بما أن الكهارب كلها متطابقة ، مهما اختلف مصدرها ، فظاهر أن العامل المميز ليس فى الكهرب ذاته . على أن ذرات العناصر المختلفة مختلفة جدا بعضها عن بعض . نعلم مثلا أن ذرة الأورانيوم أثقل من ذرة الايدروجين مائتى مرة وأربعين ، ويمكننا أن نتصور مما رأيناه فى الأبواب السابقة أن هيئات الانتظام المختلفة فى الذرات هى احدى العوامل المعينة فى المسافة الحادثة بين الذرة وتابعها من الكهارب بالرغم من أن الجاذبية لا دخل لها فى الجذب الحاصل بين الذرة والكهرب . هناك قوى أخرى مؤثرة فى الكهرب فضلا عن القوى الجاذبة والطاردة فى باطن الذرة ؛ فهناك سلطة الذرات المحيطة ، اذ الحقيقة أن القوى التى تعيّن موقع المدار الطبيعى أى الدورى للكهرب الدائر معقدة تعقيداً مفرطا . فيكفينا للغرض الذى نحن بصدده أن نعرف أن كل نوع من الذرات ، وبعبارة أخرى كل ذرة عنصرية ذات مدار محدود يجرى عليه كهربها اذا كان حرا فى أن يصنع كذلك حينما يبعث على الحركة .

لنفرض أن بعض الكهارب دائرة فى قرب شديد من ذراتها ، وغيرها دائرة حول ذراتها بمسافة كبيرة نسبيا . فى جميع الأحوال لا يمكن قياس المسافة الحقيقية الا بأجزاء من مليون من البوصة ، ولكنا نتصوّر أن هذه الكهارب التابعة دائرة حول ذراتها على مسافات

مختلفة كما نرى الكواكب صانعة على نطاق كبير فى السموات ، فالمشترى يدور حول الشمس على مسافة ستة وثلاثين مليونا من الأميال تقريبا فى حين أن "نبتون" يدور دورة كبيرة جدا لا تقل كثيرا عن ثلاثة آلاف مليون ميل من الشمس . أما مدارات الكواكب الاخرى المعروفة فهى بين هذين الحدّين .

ولكن هل يهم رسم الكهرب مدارا كبيرا أو صغيرا حول الذرة ؟ والجواب على ذلك أنه يحدث اختلافا جوهريا جدا . لأن سعة المدار أو بعبارة أخرى المسافة التى يبعد بها الكهرب عن ذرته ، تعين السرعة التى يسير عليها . وقد نفهم هذا على وجه أحسن اذا نظرنا مرة أخرى الى حركات الكواكب حول الشمس .

هناك حقيقة خاصة بحركات السيارات ، أجد أن القارئ العادى يهملها عادة وهى أنه كلما كان الكوكب السيار أبعد عن الشمس كان تحركه أبطأ . بديهى أنه كلما كان الكوكب السيار أبعد عن الشمس كانت الدائرة التى يرسمها حولها أكبر . فنبتون مثلا يستغرق مائة وأربعا وستين سنة ليدور دورة واحدة حول الشمس ، فى حين أن كوكبنا يستغرق سنة واحدة ، ولكن ليس هذا ما نحن بصدده . أرضنا تسير فى الفضاء بسرعة تزيد قليلا عن ثمانية عشر ميلا فى الثانية فى حين أن نبتون يسير بسرعة ثلاثة أميال فقط فى الثانية ، و بعبارة أخرى إن أرضنا تجرى بسرعة تعادل ستة أمثال سرعة نبتون الذى هو أقصى سيارات الشمس ، فى حين أن عطارد وهو أقرب سيارات الشمس يجرى بسرعة تسعة وعشرين ميلا فى الثانية تقابله الثمانية عشر ميلا التى تجريها أرضنا . لاخفاء فى أنى انما أشير الى هذه الحركات الكوكبية على سبيل التمثيل ، أما القوى التى تسيطر على أنواع سرعة الكواكب فهى مختلفة تمام الاختلاف عن تلك التى تسيطر على أنواع سرعة الكهارب .

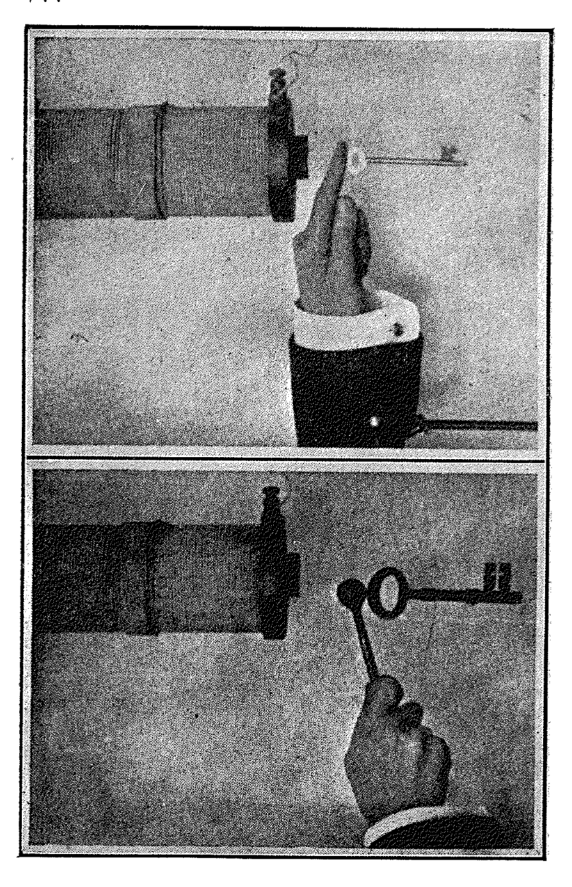
مما تقدّم يتضح أن الكهارب التى تسرع فى سيرها حول مدار صغير تبعث أمواجا صغيرة شــديدة التردد فى الأثير مثل الأمواج التى نسميها الضوء فوق البنفسجي . أما الكهارب التى تدور أبطأ ممـا سبق حول مداراتها الكبيرة فانها تحدث أمواجا طويلة ذات تردد أضعف مثــل الأمواج التى نسميها الحرارة الاشعاعية . أما فى المدارات التى بين هــذا وذاك فان الكهارب تدور بمعدّلات من السرعة تنتج جميع صنوف الأمواج التى تحدث الضوء المنظور من الأمواج الطويلة التى تحدث احساس اللون الأحمر الى الأمواج القصيرة التى تحدث احساس اللون البنفسجى .

نحن الآن بحيث نفهم كيف أن بعض المواد تمتص أطوالا موجية معينة . نرى أن للكهارب حركات دورية طبيعية تبعا لنوع الذرة التى هى لها بمثابة أقمار، ولنا أن نسلم بأن الكهرب لا يهتم للموجة الأثيرية الواردة ما لم يحدث أن تكون الموجة مترجحة الى الأمام والى الوراء بنفس السرعة الخاصة التى يتحرك بها هذا الكهرب بفطرته . وأرى أنه يحسن بنا أن نتناول احدى التجارب المدرسيّة المعروفة على سبيل التمثيل : اذا كانت لدينا طائفتان من الشوك الرنانة (Tuning Forks) من درجات (Pitches) مختلفة، وكانت مثبتة على لوحات صوتية (Tuning Boards) ووضعنا الطائفتين بعيدتين احداهما عن الأخرى مسافة صغيرة ، نحصل على النتائج الآتية :

عند ما نحث احدى شوك الطائفة الأولى على الاهتزاز ، وذلك بجز قوس الكمان عليهـا ، نجد أنه اذا كانت فى الطائفة الأخرى شوكة مثيلة لها تمـاما تأخذ هذه الشوكة الثانية فى الاهتزاز أيضا. أما الشوك الأخرى التى لا تستطيع أن تهتز موافقة لموجات الهواء

الواردة فتبقى صامتة تقريبا . ومما يسترعى الانسان أنه اذا وقف اهتزاز الشوكة الأولى اثناء هذه التجربة يجد أن الشوكة البعيدة مستمرة على اخراج النغم بعينه من تلقاء نفسها . الشوكة المهتزة بمعدل عدد معلوم من الاهتزازات فى الثانية تبعث أمواجا هوائية من نفس عدد هذه الاهتزازات، ولكن هذه الأمواج لا تقدر على التأثير إلا فى شوكة أخرى قادرة على الاهتزاز بنفس هذه السرعة . وكذلك الأمر فى الكهارب، فانا نجد أن الكهرب الدائر فى الجسم المضىء يبعث أمواجا أثيرية معيّنة، وهذه دون سواها تؤثر فى الكهارب البعيدة القادرة على الدوران بنفس السرعة . ففى حالة الكهارب رأينا أن الحركات يعارض بعضها بعضا وتنفد طاقة الموجة الواردة، ولكن اذا كان الكهرب المعارض يستطيع أن يبقى متصلا بذرته فان الكهرب يسلك مسلك الشوكة الرنانة فى المثل الذى ضربناه ويبعث أمواجا أثيرية من تلقاء نفسه ، وعلى ذلك يشع ضوءا . هذا هو الرأى الحاضر عن انعكاس الضوء .

ليس هناك فى الواقع شىء مبهم فى الرأى السابق الخاص بأن الكهرب يوقف موجة أثيرية ويبعث موجة أثيرية تشابهها . الشوكة الرنانة تسلك هذا المسلك حيال أمواج الهواء . فانه عند ما تضرب موجة هوائية جسم الشوكة الساكنة تنفد طاقة الموجة فى عملية بعث الشوكة على الحركة . تقف الموجة الهوائية الواردة ، ولكن لما كانت الشوكة قد بعثت على الحركة فانها تستمر على بعث أمواج هوائية أخرى مثيلة بتلك من تلقاء نفسها . على انه لا يصح لنا بطبيعة الحال أن نمعن فى التمثيل بعيدا لأننا فى حالة الشوك انما نتناول الأمواج وهى فى وسط (الهواء) تختلف خواصه اختلافا شديدا عن خواص الأثير .



مجال مغناطيسى قوى

من الجلىّ أن هناك اضطرابا نشـطا فى الأثير المحيط بقطب الكهراطيس الكبير المبين فى الصور المدرجة . فى الصورة اليسرى ترى (محراك بشكور) مطبخ عادى وقد تأثر بهذا الاضطراب الأثيرى وأصبح ممغطسا ما دام فى مجال الاضطراب . أما فى الصورة الثانية أى اليمنى فالأصبع موجود هناك ليمنع المفتاح و إلا فانه يطير الى المغناطيس اذا رفع الأصبع .

وفى تناولنا موضوع اللون ليس لنا الا أن نتناول المدى الصغير لأمواج الاثير التى تحدث الطيف المنظور . ولكى نستعين على ادراك مقدار شدة صغر هذا المدى بالنسبة الى جميع مدى الأمواج الأثيرية يحسن بنا أن نتصور لوحة مفاتيح البيانو وقد أطيلت أكثر من أربعة أمثال طولها العادى . ان لوحة مفاتيح البيانو العادى تشتمل على نحو سبعة سلالم موسيقية ولكن لوحة المفاتيح التى نوردها تخيلا تشتمل على سبعة وعشرين سلما لتمثل جميع طيف الأمواج الأثيرية المعروفة . الجزء المنظور من الطيف محتوى جميعه فى سلم واحدة ، والسلالم الستة والعشرون الباقية لا تؤثر فى جوارح بصرنا . هـذه السلم التى تمثل الطيف المنظور موجودة على بعد وعلو فى الجزء الثالث من اللوحة ، بحيث لا يكون أعلا منهـا إلا سلمان فقط . نسميهما الأشـعة فوق البنفسجية . ثم بعد الطيف المنظور نازلا على امتداد الدرجات نجد ما لا يقل عن سبعة سلالم تمثل أمواج الحرارة المظلمة ، ثم تأتى بعدها خمس سلالم من الأمواج الأثيرية التى لم نستطع كشفها . وبعبارة أخرى ان هذه السلالم الخمس من الأطوال الموجية غير المعروفة لنـا ، ثم تتلوها اثنتا عشرة سلما من الأمواج الكهربائية ، أى التشععات الكهربائية . واذا نظرنا الى لوحة مفاتيحنا نظرة عامة رأينا أن المقامات السفلى كلها تمثل أمواجا كهربائية فى الأثير ، وتكاد تكوّن نصف مدى اللوحة . وعندنا فى الوسط بضعة سلالم غير معروفة ، أما باقى لوحة المفاتيح فتشغله أمواج الحرارة المظلمة وتنتهى بسلم واحدة لأمواج تحدث الابصار وسلمين للضوء فوق البنفسجى الحـائز لخواص كياوية فعالة .

واذا عدنا الى موضوع اللون كان علينا أن نتناول السلم الوحيدة التي تمثل الطيف المنظور دون سواها . المقامات السبعة التي يتألف منها هذا السلم تمثل الأطوال الموجية المختلفة التي تحدث ألوان الطيف الشمسي ، وهي الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والنيلي والبنفسجي وقد تسمى هذه الأمواج [١] بأخص حروف الألوان التي تحدثها ، فنقول ح و ب و ص أو خ و ن و ف [٢] لتسهيل الاحالة . تصور جسما مضيئا كالشمس مثلا ، متكونا من طيس أي ملايين الملايين من ذرات مختلف العناصر ، والكهارب دائرة حول كل ذرة . بين هذه الكهارب الدائرة ما يبعث الأطوال الموجية السبعة التي سنتكلم عنها . هذه الأمواج تسقط على قطعة من المادة في أرضنا ، فاذا صادف أن كانت قطعة المادة المذكورة مشتملة على طوائف من الكهارب مثيلة بتلك ، فهي في هذه الحالة ترسل في دورها أمواجا أثيرية مثيلة بأمواج تلك ، ونقول إن المادة تعكس ضوءا أبيض . واذا كانت المادة لا تشتمل إلا على كهارب قادرة على الرد على أمواج اللون الأحمر فانها لن ترسل الا أمواجا حمراء . والذي أريده بقولي "الرد" في سياق القول هنا الكهارب التي تستطيع أن تدور بنفس السرعة التي تدور بها الموجة الواردة وتبقى متصلة بذراتها . فاذا كانت مادة ما غير قادرة إلا على بعث أمواج حمراء عند ما تقع عليها جميع سلسلة الأمواج من "ح" الى "ف" فانه لا يتأثر من جهازنا البصري إلا ذلك الجزء الذي يستشعر الأمواج "ح" فنحس اللون الأحمر . ولتسهيل

(١) اعتدنا أن نتصور حدوث سبعة ألوان ، ولكن لا يغرب عن البال أن هذا العدد اختياري . فان الكتب الحديثة تهمل النيلي منها — انظر هامش ص ٣٠١

(٢) سمى المؤلف مختلف الأسماء بأوائل حروفها واذ كان هذا لا يتفق مع العربية فقد اخترت لها أخص ما بدا لي من حروف كل منها . (المترجم)

التعبير نقول إن المرئى أحمر ، وان كنا نعلم تمام العلم أن هذا اللون لا يسكن فى المرئى . و بالطريقـة عينهـا تنعكس جميع الأطوال الموجية أو تمتص .

انه لا ينتظر من المـادة أن تعكس طولا موجيا لا يقع عليها . توجد فى سطح غلاف هذا الكتاب [١] كهارب قادرة على الرد على الأمواج (ح) فاذا سقط على الغلاف ضوء أبيض انعكست عنه أمواج (ح) الى أبصارنا فنقول إن الغلاف أحمر . واذا نظرنا الى الكتاب فى ضوء مصباح بخار الزئبق [٢] فاننا لا نرى الغلاف أحمر اللون . وذلك لأنه لا توجد فى هـذا الضوء الزئبقى أمواج (ح) لاثارة تلك الكهارب ، بل ترى أن الغلاف أسود تقريبا أو أسمر قاتما ، لأن كهارب السطح لا تستطيع أن ترد على الأمواج الساقطة عليها . هذه حالة قصوى ولكنا نرى مثل هذه الظاهرة فى عاديات الأمور اليوميـة : تشترى سـيدة فى المساء شريطا يناسب قبعتها و يسرها أن تجد للون القبعة ما يضاهيه فى الشريط ولكنها فى الصباح تأسف لشرائها اذ تجد أن الشريط والقبعة من درجتين فى اللون مختلفتين جدا ، ذلك بأنها اشترت الشريط فى ضوء صناعى . والواقع أن الخطأ نشأ من أن الضوء الصناعى لا يشتمل على كل صنوف الأطوال الموجية التى يحتويها ضوء النهار . فى المساء اختبر الشريط والقبعة ببعض أطوال موجيـة فقط وكانت فى كلتيهما كهارب تسلك مسلكا واحدا تحت تأثير تلك الأمواج . أما فى الصـباح

(١) النسخة الانجليزية التى ننقل عنها ذات غلاف أحمر .

(٢) مصباح بخار الزئبق عبارة عن أنبوبة فراغية بها عند كل طرف منها حمام صغير من الزئبق يغطى أطراف الأسلاك الملصقة فى الزجاج . ولتشغيله يمرّ تفريغ كهربائى من أحد الحمامين الزئبقيين الى الآخر . وفى احداث هذا يتبخر بعض الزئبق ، واذ يمر هذا التفريغ فى بخار الزئبق يعطى ضوءا قويا عجيبا ، غير أنه يكون من لون ردىء مكروه جدا لانتفاء وجود الأشعة المحدثة للاحمرار فيه .

فقد تعرّض الشريط والقبعة الى أطوال موجيـة أخرى . وجدت كهارب مجيبة فى أحد الشيئين ولم تجد مثالها فى الشىء الآخر ولذا بدا الشيئان مختلفى اللون .

وقد يساعد فى هذا الصدد أن نضيف هنا بعض ملاحظات عن حاسة إبصارنا اللونى : كانت الفكرة السائدة بيننا الى عهد قريب أن فى عين الانسان ثلاثة أطراف عصبية ، أحدهما يستشعر ما سميناه الأمواج (ح) وعند ما يثار يحدث ذلك الاحساس الذى نسميه أحمـر ، وأن ثانى الطرفين يستشعر الأمواج (خ) فيحدث الاحساس الأخضر ، أما الثـالث فكان يستشعر الأمواج (ف) ويحـدث احساس اللون البنفسجى . ومن العجيب أننا بالرغم من وجود سبعة أطوال موجية أى سبعة ألوان فى الطيف الشمسى نجد ، بقدر ما لإحساسنا من العـلاقة بهذا الصدد ، أنه يكفى أن نقول بوجود احساسات ثلاثة فردية وأن الاحساسات اللونية الأخرى ليست الا مخاليط من هذه الاحساسات الثلاثة الابتدائية مثال ذلك : الأمواج (ح) والأمواج (خ) فانها اذا اختلطت على نسب معلومة تعطى نفس الاحساس اللونى الذى تعطيه الأمواج (ص) من الطيف . وبعبارة أخرى عند ما يثار احساسا الأحمر والأخضر فى وقت معا نستشعر اللون الذى نسميه الأصفر . واذا أثرنا نفس هذين الاحساسين الابتدائيين بدرجات مختلفة نستشعر اللون البرتقالى ومن جهـة أخرى اذا أثير احساسا الأخضر والبنفسجى فى وقت معا نستشعر اللون الأزرق . وكذلك سائر احساسات اللون فما هى الا اتحادات من هذه الألوان الأساسية .

ونظرية الإبصار اللونى التى نحن بصـددها قال بها الدكتور توماس يانج (لندن) والأسـتاذ هلمولتز (Helmholtz) (برلين) ولذلك سميت نظرية يانج هلمولتز ، بمزج الاسمين معا . وهى على

فائدتها العظيمة فى تفسير الظواهر اللونية لا تقدّم لنا تعليلا صحيحا عن الحقائق الفيسيولوجية المتصلة بها، فان الانسان لا يمكنه أن يصدّق أن الاحساس الناشئ عن الضوء المنعكس عن مرئى أبيض ليس الا الأثير المتجمع من تلك الاحساسات المفترقة التى نعرف أنها الأحمر والأخضر والبنفسجى، وبعبارة أخرى إن الضوء الأبيض يحدث احساسا معلوما فى باطننا. ونحن وان كنا نستطيع أن نثير نفس هذا الاحساس بتأثير الأمواج الأثيرية (ح+خ+ف) مختلطة، فلا حاجة بنا الى تصديق أن الاحساس الناتج هو الأثر المتحد لهذه الاحساسات المفترقة، ولقد قدّمت الاقتراح الآتى فى تعليل نظرية الاحساس اللونى فى مقالة قرأتها على الجمعية الفلسفية الملوكية (فى ٥ ديسمبر سنة ١٩١٧) ونشرت فى مجلة جلاسجو الطبية (المجلد التاسع والثمانون ٤ يناير سنة ١٩١٧).

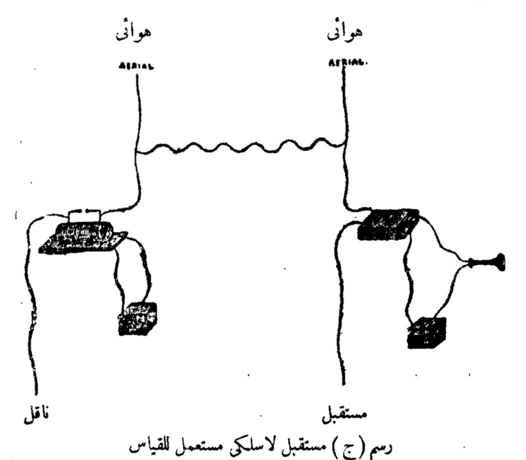
معروف لأكثر القراء أنه يوجد فى الشبكية (أى امتداد العصب البصرى فى باطن العين) بعض زوائد عصبية تسمى بالقضبان والمخاريط، (rods and cones) وان هذه تستشعر الضوء بطريقة ما وقد تقرر أن للمخاريط عملا مهما تقوم به فى إبصار اللون.

يوجد تجويف صغير بالقرب من مركز الشبكية يسمى الانخفاض المركزى (Fovea Centralis) وفى هذا الجزء توجد مخاريط عدّة محتشدة معا ولا توجد قضبان. أما فى سائر أنحاء الشبكية فتوجد مخاريط وقضبان معا، ولكن القضبان ترجح على المخاريط، وفى هذه الأجزاء لا تكون المخاريط من الكبر ولا من الأهمية بمقدار مخاريط الانخفاض المركزى السالف الذكر.

واليك تجربة بسيطة تساعدك على ادراك أن مخاريط التجويف المركزى تقوم بعمل مهم فى الاحساس اللونى: ثبت عينيك بنظرة رانية، أى ثابتة الى مرئى ما واقع أمامك تماما، واجعل رفيقا لك يمسك بشىء أبيض لامع على مدى قدم تقريبا من جانب رأسك

بحيث يكون هذا الشيء داخل مجال البصر تماما حينما تكون عيناك ناظرتين الى الأمام تماما . عندئذ تجد أنك ، بدون أن تنظر الى الشيء الذى يمسك به رفيقك ، قادر على وصف شكله ولكنك لا تستطيع أن تصف لونه . قد تمسك الشيء أنت بنفسك ولكن يحسن أن لا تكون على علم بلون المرئى ، ولذلك اقترحت أن يمسكه لك رفيق . أما اذا قدّم الشيء الى الأمام تدريجا حتى يصبح أقرب الى المرئى الثابت الذى كنت تنظر اليه فانك تجد أن لون المرئى الصغير غير واضح لك حتى تسقط صورته مباشرة على مخاريط التجويف المركزى .

وأرى أن فعل هذه المخاريط مماثل لفعل الكشاف الاليكتروليتى (Electrolytic) فى التلغرافية اللاسلكية . فهذا النوع من الكشاف يشتمل على عمود كيمياوى صغير تهيئته كما هو مبين فى الرسم رقم الاتى :



رسم (ج) مستقبل لاسلكى مستعمل للقياس

ترى الى اليسار مستقبلا لاسلكيا يشتمل على جهاز شرر اذا فرّغ يدعو الكهارب فى السلك الهوائى الرنانى الى الترجح الى الأمام والخلف ، وبعبارة أخرى الى الاهتزاز . هـذه الكهارب المهتزة تبعث أمواجا أثيرية تماثل بالضبط تلك الأمواج الأثيرية التى نسميها ضوءا ، غير أن تردّدها منخفض انخفاضا يزيد كثيرا عنه فى الأمواج التى تستطيع أن تجيب عليها أعيننا . هـذه الأمواج الأثيرية تقع على سلك هوائى (رنانى) فى محطة الاستقبال وتدعو الكهارب فى ذلك السلك الى الاهتزاز تعاطفا مع كهارب السلك الهوائى المرسل .

والسلك (الرنانى) المستقبل (الى يمين الرسم) متصل بعمود يشتمل على محلول مادة كيمياوية فيها الكهارب مضطربة بتأثير حركة الكهارب فى السلك الرنانى ، وأفضل أن نسميها اضطرابا كيمياويا أو انفصالا بدلا من تسميتها تغيرا كيمياويا . هنالك يبطل عمل الأمواج الأثيرية الواردة ، اذ تكون الطاقة قد استنفدت فى اثارة كهارب العمود . ولكن هناك بطارية كاية ترسل تيارا كهربائيا خلال العمود الكهربائى المحلل ، وتوجد فى هذه الدائرة الكهربائية مستقبلا تليفونيا . وما دام هناك تيار كهربائى مطرد جار لا يكون هناك اضطراب فى المستقبل التلفونى اذ لا يسمع حينئذ صوت مطاقا . ولكن لما تثار كهارب العمود بطريق الموصل الرنانى ينقطع التيار الكهربائى المحلى وتسمع دقة فى التليفون . بهذه الطريقة يمكن ارسال اشارات مورس .

ولنعد الى موضوع الإبصار اللونى : انى أرى أن أمواج الضوء تفعل فى القضبان والمخاريط الموجودة فى العين بنفس الطريقة التى تفعل بها الأمواج اللاسلكية فى الكشاف الاليكوليتى .

فالأمواج الأثيرية الضوئية الواردة تثير الكهارب الموجودة فى المحلول الكيمياوى المشتملة عليه الزوائد العصبية وتقطع تيارا عصبيا محليا وتحدث بعض احساسات فى ذلك الجزء من المخ الذى يسمى مركز الحس (Sensorium) وأرى أن القضبان مثيلة "بمستقبلات لاسلكية غير مرنونة [1] تجيب على خليط من الأمواج اللاسلكية ، أما المخاريط فمثيلة بمستقبلات مرنونة لا تجيب الا على أطوال موجية محدودة .

وأرى أنه اذا سقطت أمواج "ح" على المخروط فانه لا تتأثر الا الكهارب العاطفة [2] وتحدث بعض أنواع محدودة من الاضطراب تدعو الى حدوث تغير محدود فى التيار العصبى المحلى ، وهذا عند بلوغه مركز الحس ينتج ذلك الاحساس الذى ننعته بالأحمر. وبالطريقة عينها عندنا الأمواج "خ" و"ف" تثير كهاربها العاطفة وتوقظ الأخضر والبنفسجى : واذا سقطت أمواج "ح" و "خ" فى وقت معا على المخروط فهنالك اضطراب معيّن آخر يحدث نوعا من الاضطراب فى التيار العصبى ، ويحدث ذلك الاحساس الذى ننعته بالأصفر وهلم جرا . واذا عملت أمواج "ح" و "ج" و "ف" معا فانها تحدث اضطرابا كيمياويا محدودا واضطرابا مقابلا لذلك فى التيار العصبى يحدث ذلك الاحساس الذى نسميه الأبيض .

(١) عدّيت فعل رنّ للضرورة والايضاح اذ استعمال صيغة اللازم هنا وان كان متمشيا مع المسموع فى اللغة يدعو حتما الى اللبس والابهام .

(٢) ترجمة (Sympathetic) استعصى على المترجمين فى العهد السابق أن يجدوا كلمة للدلالة على المعنى المراد فقالوا : سمبتاوى وهو تعريب مطلق . وقد ارتأيت أن أترجمها بأقرب الألفاظ اللغوية دلالة على معناها وهذه الترجمة تدخل فيما يجيزه أسلوب الحقائق العلمية التى لا يحتم أن تجرى مع اللغة ، ومن ثم أصبح مصدرها موضع اشتقاق سائر الألفاظ المتفرعة منها كما مرّ بك (المترجم) .

ان نقطة الجدل التى أنا فى صددها هى أن كل احساس لونى متميز عن غيره . أرى أن الأصفر مثلا احساس مستقل بذاته لا أنه اثارة لاحساس الأحمر والأخضر فى وقت معا . فقد يثار احساس الأصفر بفعل تلك الأمواج الأثيرية وهى خمسمائة بليون فى الثانية التى تقع بين الأحمر والأخضر من الطيف ، ولكن هذا الاحساس الأصفر بعينه قد يثار بفعل اتحاد ضرب أمواج "ح" وهى أربعمائة بليون فى الثانية وأمواج "خ" (وهى خمسمائة وسبعون بليونا فى الثانية) ستبقى الألوان الثلاثة الابتدائية لنظرية يانج هلمولتز ولكنى أقترح نقلها من نطاق علم النفس (البسيكولوجيا) الى نطاق علم وظائف الأعضاء (الفيسيولوجيا) ولقد ذكرت فى مقالتى السابقة الذكر عددا من الظواهر اللونية يمكن تعليلها بواسطة النظرية التى أدليت بها ».

الباب الرابع عشر

آراء مستمدة من الطيف

كيف نحدث طيفا – تأثير الزجاج فى أمواج الأثير – لماذا يتغير اتجاه الأمواج – قياس تمثيلى بجنود سائرة – كيف تنفصل الألوان المختلفة – الدور الذى تقوم به الكهارب فى المواد الشفافة – تركيب الأسبكترسكوب – ملاحظة تكوّن الطيف تدريجا – كيف نحدث الخطوط المظلمة فى الطيف – ما ذا تخبرنا هذه الخطوط ؟ الخطوط الزاهية – كيمياء الشمس – لم يلاحظ نيوتن الخطوط السوداء فى الطيف الشمسى – صغر مقدار المادة الذى يكشفه المرقب الطيفى (الأسبكترسكوب) .

لقد كثر ذكرنا للطيف الشمسى فى صدد الكلام عن الأبواب السابقة وما من انسان الا يعرف مظهره بصورة ما . فان كان منا من لم تتح له فرصة النظر خلال مرقب طيفى (اسبكترسكوب) فلا بد أن يكون قد مر به يوم رأى فيه طيفا على أرضية المساكن أو فوق جدرانها اذ تكون هذه الأطياف حادثة بفعل حزمة من ضوء الشمس مارة فى قطعة من الزجاج مثلثة الشكل متدلية من نجفة، أو بوقوع ضوء الشمس على قنينة من الزجاج المضلع أو على الحافة المشطوفة من لوح المرآة . فاذا قدر أن فاتت أحدهم ملاحظة هذه الأطياف العارضة فلعله قد رأى على الأقل طيف الشمس على نطاق عظيم بالغ فى قوس قزح عند ما تشرق الشمس على المطر المتساقط . بل لقد شاهد أغلبنا لوحات ملونة تمثل الطيف الشمسى فى حين من الأحيان .

واليوم يستطيع الانسان أن يشترى من باعة النظارات مراقب طيفية صغيرة تحمل فى الجيب، بنصف جنيه تقريبا . ففى قدرة الهواة أن يفحصوا أطياف مختلف العناصر لأنفسهم، واذا لم ير أحدهم على نفسه مشقة فى أن يدبر دخول حزمة من ضوء الشمس فى غرفة

مظلمة وأمسك بمنشور زجاجى رخيص الثمن — كأن يكون من نجفة قديمة — على مسافة ما من الشق المهيأ فى المصراع المعتم ، بحيث يكون المنشور على زاوية قائمة مع الشق المذكور ، فانه يستطيع أن يحدث طيفا جميلا على قطعة من الورق الأبيض . هذا ما فعله سير اسحق نيوتن منذ مائتين وخمسين عاما تقريبا . والآن نريد أن نرى كيف يحدث هذا الانفصال بين الأمواج الأثيرية المختلفة بواسطة المنشور .

يجب علينا أولا أن نعرف ما ذا يحدث عند ما تقع أمواج أثيرية على أى قطعة من الزجاج العادى مثل ألواح النوافذ . وسنتناول الأمواج الأثيرية التى تكوّن حزمة من أشعة الشمس :

نجد انه اذا نزلت تلك الأمواج الأثيرية مستقيمة على لوح الزجاج ، أو بعبارة أخرى تضرب الزجاج على زاوية قائمة من سطحه فان الأمواج تمر خلالها مستقيمة وتستمر على خط مستقيم ، ولكنا رأينا فى باب سابق أن أمواج الأثير يصيبها القصور أى العطل أثناء مرورها خلال الزجاج . والواقع أن سرعتها تنقص بمقدار ٦٠٠٠٠ ميل فى الثانية . حيثما تصادف أمواج الأثير كهارب فى طريقها فان الحركة الاندفاعية للأمواج تتعطل . فى المسافة التى بين النجوم تكاد لا تصادف هذه الأمواج كهارب ، ولذلك فانها تبقى على سرعة ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية أثناء قطعها بلايين الأميال التى تفصل بيننا وبين النجوم السحيقة .

هذه الاعاقة الحادثة لأمواج الأثير حال مرورها خلال الزجاج لا تنتج أى ظاهرة مرئية عند ما تقع الأمواج مستقيمة على الزجاج وتدخله فى زاوية قائمة من سطحه . ولكن تصور حزمة من الضوء ساقطة على زاوية ما وانظر ما ذا يحدث . خير مثال تشبيهى لهذه

الحالة أن يتصور الانسان صفا من الجنود يمثل صــدر الموجة : تمثل الجنود سائرين صفا منتظما مقتربا من رقعة من أرض حزنة مع العلم بأنهم غير سائرين اليها باستقامة بل مقتربون منها فى اتجاه منحرف بحيث يدخل الجندى الذى يكون على أقصى الطرف الأيمن الأرض الحزنة أولا . عندئذ يتعطل سيره ونجد أن معدّل سيره قد أصبح ميلين فى الساعة بدل ثلاثة الأميال التى كان يسيرها فى الأرض السهلة . وكلما دخل جندى فى الأرض الحزنة تنقص سرعة سيره مثل الأول ولكن لاخفاء فى أن الجنود على أقصى الطرف الأيسر من الصف يكونون قد ظلوا فى الأرض السهلة زمنا أطول من سائر الصف . وعليه يكونون قد استمروا على تمـام الخطو بمعـدّل ثلاثة أميال فى الساعة مدّة أطول مما قضى أولئك الذين دخلوا الأرض الحزنة أوّلا . ففى الوقت الذى تكون فيه الجنود على الطرف الأيسر الأقصى قد دخلوا الأرض الحزنة يكون الجنود الذين فى الطرف الآخر من الصف قد نزلوا وراء خط السـير الأصلى ويتغير اتجاه خط السير بذلك حتى كأنما أمروا بالالتفات الى اليمين !

واذا دخلوا جميعهـم الأرض الحزنة فانهم يسيرون كرة أخرى فى خط مستو ، ولكن لاحظ أنهم لا يزالون يسيرون فى اتجاه مائل وان لم يكن على زاوية شديدة الانحراف كالسابقة (انظر الرسم "ب" صفحة ١٨٨) واذا نظر الانسان الى الرسم استطاع أن يرى بسهولة أن الجنود على الطرف الأيمن الأقصى سـيكونون أول من يقطع خط الحدود ، ويكونون فى الأرض السهلة أولا ، ولذلك سيتقدّمون على غيرهم أى على المتأخرين عنهم فى الخروج من الأرض الحزنة . ما حدث فعلا فى هــذا الطور هو عكس ما قد حدث بالضبط فى الطور الأول عند ما دخلوا الأرض الحزنة بحيث ارتد الخط ملتفتا

الى الاتجاه الأصلى . وهو ممثل فى الرسم "ب". فى المثل التشبيهى المذكور ترى صدر الموج الأثيرى يضرب الزجاج على زاوية معلومة وينثنى دائرا عند دخوله الزجاج ثم يعود الى اتجاهه الأصلى عند تركه الزجاج .

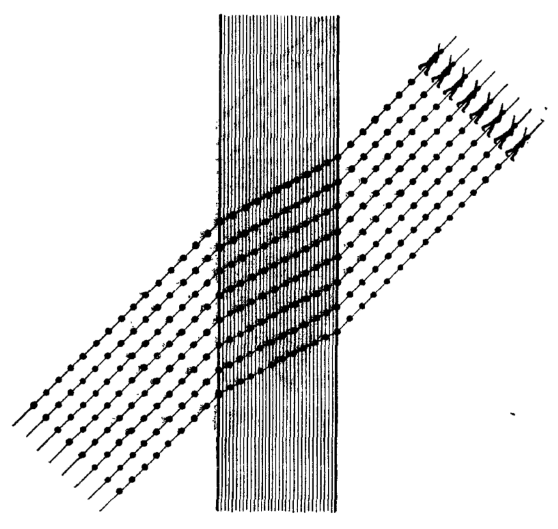
لقد كنا حتى الآن نصوّر رقعة مستقيمة من الأرض الحزنة وحدّاها متوازيان ، كما فى الرسم الأول ، فلنفرض حالة أخرى تكون فيها رقعة الأرض الحزنة ذات شكل غير منتظم كالمبين فى الرسم (ج) بمعنى أن خط الحد الثانى ليس موازيا للأول . فماذا يحدث ؟ جلى أن الجندى الذى كان أول من دخل الأرض الحزنة سيكون آخر من يخرج منها حتى يترتب على ذلك انثناء خط السير دائراً انثناء أوسع .. يصبح الحال فى هذا الطور كانما الجنود قد أمروا مرة أخرى بالالتفات يمينا . ويتضح هذا من الرسم ، اذ هو لا يقتصر على تمثيل الجنود سائرين فى رقعة من الأرض الحزنة بل يمثل أيضا حزمة من الضوء مارة خلال منشور زجاجى . فان موج الأثير ينثنى ملتفا عند ما يدخل الزجاج وعند ما يخرج أيضا .

اذا كانت حزمة الضوء التى تمر خلال المنشور تشتمل على أمواج "ح" فقط فانا نجد أن الحزمة لم تنثن بعيدة جدا عن اتجاهها الأصلى . ولنفرض أننا نعلّم عند المكان الذى تقع عليه الأمواج المنتجة الاحمرار من الحائل بحرف "ح" واذا جربنا حزمة أمواج "خ" تاركة الحائل والمنشور كما سبق الشرح فاننا نجد أن هذه الأمواج تنثنى ملتفتة أكثر بحيث تقع رقعة الضوء الأخضر مبتعدة أكثر على مدى الحائل . واذا كررنا هذه التجربة واستعملنا الضوء البنفسجى وجدنا أن هذه الأمواج تنثنى ملتفتة أكثر وأكثر بحيث تكوّن صورة بنفسجية على مسافة ما من الأخضر . ولو أننا جربنا

الضوأين البرتقـالى والأصفر لوجدنا أنهما يقعان بين الأحمر والأخضر. فى حين أن الأزرق والنيلى يأخذان مكانيهما بين الأخضر والبنفسجى . هذه هى الطريقة التى يحدث بها الطيف .

وقد نتوسع فى مثـل الجنود ونتصوّر سبع فرق مختلفـة جميعها مقتربة من الأرض الحزنة وجميعها فى صف واحد . إنهم جميعا يستطيعون أن يسيروا بدرجة واحدة فى الأرض السهلة . على أن رجال الفرقة رقم "١" لايجدون الأرض الحزنة من الصعوبة بالدرجة التى تجدها عليها الفرقة رقم "٢" ولذا فان خط سير الفرقة رقم "١" لا يتغير الى المدى الذى يتغير اليه خط سير الفرقة رقم "٢". من أجل هذا يكون سيرها بين الفرقتين فى اتجاهين مختلفين اختلافا طفيفا بعضهما عن بعض عند ما تخرجان من الأرض الحزنة الى الأرض السهلة . أما الفرقة رقم "٣" فتنثنى منفرجة أكثر وهلم جرا. فاذا نودى بالوقوف بعد أن تكون الفرق قد سارت مسافة قليلة فى العراء كانت الفرق مفترقة بعضها عن بعض، أى منتشرة، وكذلك الأمر فى الضوء الأبيض فانا نجد أطوال أمواجه السـبع تنتشر مفترقة بمرورها فى منشـور زجاجى بحيث تكوّن جميعها طيف الشمس المعروف. والواقع ان رقع اللون الحادثة على الحائل هى حشد من صور الفتحة التى يمرّ منهـا الضوء . ولذا فانه اذا أمرّ الضوء من ثقب مسـتدير تكون الصور أقراصا من اللون متركبة بعضها فوق بعض ، واذ كانت الفتحة شقا ضيقا كان المرئى متكوّنا من طيس أى ملايين الملايين من أشرطة مستقيمة ضيقة أو خطوطا متركبة بعضها فوق بعض .

يمثل الرسم صفا من الجنود يسيرون صوب رقعة من الأرض الحزنة ، تمثل النقط تتابع أطوار سيرهم . فعند ما يسيرون فى الأرض الحزنة ينقص معدل سرعتهم نقصانا كبيرا . و يلاحظ أنهم مقتربون من خط الحد على زاوية بحيث أن الجندى الذى على أقصى الطرف الأيسر من الصفحة يكون أول من يدخل الأرض الحزنة ، وعليه يخف خطوه ، قبل خطو غيره حتى ليتغير خط سيره . أو كأنما قد أمر الجند بالالتفاف الى اليمين .

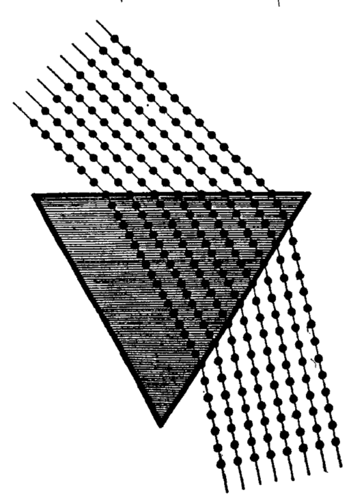


رسم (ب)
ثنى حزمة من الضوء

ثم عند ما يتركون الأرض الحزنة يكون الجندى ، الذى كان أول من دخل ، أول من يخرج منها فتسرع رجله فى الخطو قبل غيره حتى ليتغير خط السير مرتدا الى الاتجاه الأصلى . وكأنما الجنود قد أمروا فى هذه الحالة بالالتفات الى اليسار .

فى هذا تشبيه لانثناء حزمة من الضوء فى مرورها خلال قطعة من الزجاج أو غيره من الأوساط الشفافة كما هو مفسر فى المتن . قارن هذا الرسم بالصورة الفوتوغرافية المقابلة لصفحة ١٤٨

هذا الرسم يمثل صف الجنود كما فى شكل "ب" سوى انهم سائرون فى قطعة مثلثة الزوايا من الأرض الحزنة . فالجندى الذى على الطرف الأيسر الأقصى من الصفحة ابطأ من غيره من الجنود سيرا ولذلك فان الجنـدى الذى على الطرف الأيمن الأقصى يسير أسهل منه فيتغير خط السير تغيرا كبيرا . فى هذه الحالة يكون الجنود كأنما أمروا بالالتفات يمينا فى دخولهم الأرض الحزنة وخروجهم منها .



رسم (ج)
كيف يثنى المنشور حزمة من الضوء

وفى هذا تشبيه تمثيلى لانثناء حزمة من الضوء عندما تمر خلال منشور من الزجاج . نحن فى هذا الرسم متناولون حزمة ضوئية من أى طول موجى معين، مثل الموجة التى تحدث عندنا احساس الحمرة . والأمواج الأثيرية الأخرى تلق انكسارا أكثر من هذا، وكلما كانت الموجة أقصر طولا كان انحرافها عن اتجاهها الأصلى أكثر . وعليه فان الأطوال الموجية المختلفة التى يتضمنها الضوء الأبيض العادى تنتشر مفترقة عندما تمر فى منشور زجاجى — بهذه الطريقة يتكون الطيف الملون، كما هو مشروح فى المتن على وجه أتم .

ومما يلذ الانسان أن يرى ما يحدثه انكسار الأمواج الأثيرية أى انثناؤها ، و يعرف لماذا ينحنى بعضها أكثر من البعض الآخر. اقتنعنا حتى الآن بأن نعرف أن سير الأمواج الأثيرية يعوقه الزجاج نظرا لوجود كهارب ، وقد تصورنا صفا من الجنود يمر فى قطعة من الأرض الحزنة على سبيل التمثيل .

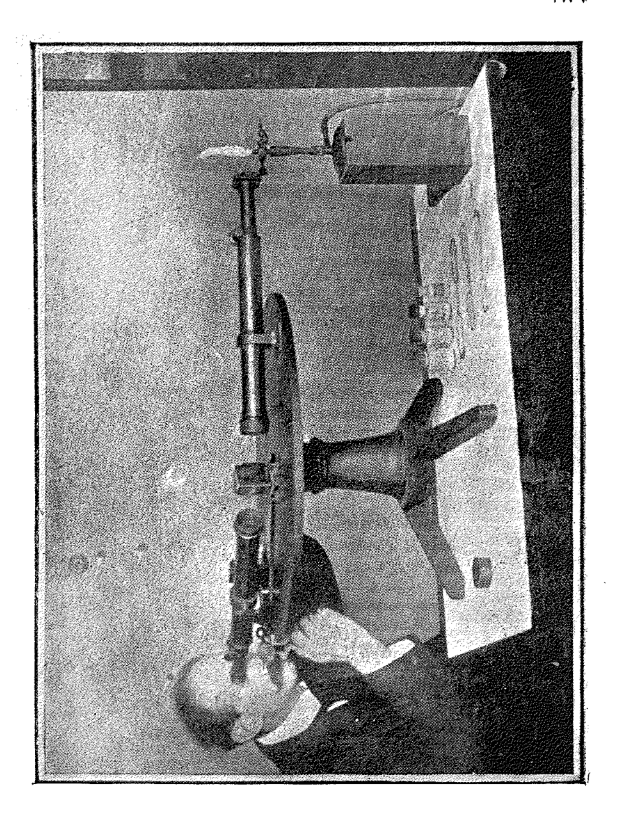
نحن نعلم أن ظروف الكهارب فى نوع من أنواع المواد تختلف عنها فى نوع آخر ، ولذلك لا يدهشنا أن يكون لبعض المواد الشفافة قدرة على كسر الضوء أكثر مما لغيرها . ولقد سبق أن لاحظنا أن مبلغ الانثناء يتوقف على طول موجة الأثير نفسه ؛ فالأمواج "ح" أضعفها انكسارا والأمواج "ف" أشدها .

وقد اعتدنا الآن معرفة أن تلك الكهارب التى تستطيع أن تجيب على مقدار سرعة اهتزاز الموجة الواردة هى وحدها التى تقوم بدور فعال جدا فى معارضة الأمواج الأثيرية . ورأينا أن الأثير لا يستطيع أن يخترق طبقة جزيئية رقيقة لدى السطح الا حيثما توجد فيه تلك الكهارب العاطفة . و يتوقف كونها تمتص أو تنعكس على كون الكهارب تنطرد عن ذراتها أو تستطيع أن تحتفظ بمكانها وتبقى متصلة بذراتها . ومن الجلى أنه فى حالة الزجاج وغيره من المواد الشفافة لا يحدث هذا ولا ذاك ، فلا الأمواج الأثيرية تمتص ولا الكهارب ترد أمواجا أثيرية مثيلة ، بل الجلى جدا أن الأمواج الأثيرية تنفذ خالصة خلال الزجاج ولا يمكن أن تكون هناك كهارب عاطفة أى مجيبة قادرة على وقف الأمواج ولكن الكهارب الموجودة بالرغم من عجزها عن الدوران بسرعة الأمواج المهتزة تبدى شيئا من المقاومة أو الاعتراض ، ولذلك تعوق سير الأمواج . ولقد رأينا كيف أن هذا يؤثر فى الأمواج عندما تدخل أو تترك الزجاج على زاوية .

واذ نضع هـذه الصورة نصب أعيننا يمكننا أن نفهم كيف تكون بعض المواد شفافة لبعض أطوال موجية وغير شفافة لغيرها . وليذكر القارئ أنه لبيان أن الأطوال الموجيـة للحرارة المعتمة ، الطويلة ، يمكن كسرها كالضوء " المنظور " اسـتعملنا منشورا من الملح الصـخرى بدلا من الزجاج . فان المنشور الزجاجى يكاد يكون معتما بالنسبة لتلك الأمواج الحرارية الطويلة فى حين أن الملح الصخرى يسمح لهـا بالمرور فى جرمه كما يسمح الزجاج لأمواج الضوء « المنظور » بالمرور .

فى زجاج النوافذ الملون ايضاح جيد لقطع من الزجاج أعدت بحيث يمتص بعض الأطوال الموجبة وتسمح لغيرها من الأمواج الأثيرية بالاختراق . واذا سمحت قطعة من الزجاج بمرور أمواج "ح" فقط فانا نقول عن الزجاج فى كلامنا الدارج أنه أحمر ، أما الأمواج الأثيرية التى تنفذ منه مخترقة فتعينها كفاءات الكهارب التى تشتمل عليها المـادة .

عجيب أن يستشعر بعض النـاس صعوبة كبرى فى إدراك حقائق الامتصاص والانعكاس على بساطة أمرها . مثال ذلك أننى أريت أحد المتعلمين تعليما جيدا طيف الشمس ساقطا على قطعة من الورق الأبيض وسألته عما يحدث اذا نحن استعملنا ورقة حمراء بدل الحائل الأبيض ، أى الورقة ، فكان جوابه أن الأحمر اذ ذاك لن يرى ، وأن سائر ألوان الطيف تختلط بالأحمر ، فالأزرق اذ يقع على الأحمر يحدث أرجوانيا ، وهلم جرا . وقال آخر : إن الأحمر فى هـذه الحـالة لن يرى على حقيقته أما بقية الطيف فلن يصيبها بأس . ولا شك فى أن الذى يعطى مثل هذه الأجوبة لا يكون قد أدرك معنى الامتصاص والانعكاس . إن الحـائل «أحمر» لأن



المرقب الطيفى فى حالة استعماله

عند ما تمرر أمواج الضوء الواردة من أى لهب خلال منشور زجاجى ترى خطوط معينة ثابتة فى الطيف الناتج . وبواسطة هـذه الخطوط يمكننا أن نستكشف وجود المقادير الصغرى من المـادة ، ونميز بين مادة عنصرية وغيرها . بهذه الواسطة استطعنا أن نعرف المواد التى تتكون منها الاجرام السماوية .

سطحه يشتمل على كهارب قادرة على امتصاص كل الأمواج الأثيرية ما عدا الأمواج الأثيرية المحدثة الاحمرار . وعليه فلا نرى طيفا على الحائل الأحمر . لا نتبين الا رقعة الأحمر الصغيرة .

سنرى مما يلى أننا استمددنا من الطيف عدّة من الآراء الرائعة . ولكى نجرى مشاهداتنا على وجه ملائم يثبّت المنشور بين أنبوبتين كما هو مبين فى الرسم المقابل لصفحة ١٩١ واحدى الأنبوبتين مهيأة فى أحد طرفيها بشق رأسى يمر منه الضوء الذى يراد فحصه . والعادة أن يكون هذا الشق قابلا للتعديل بحيث تغير سعته طوعا للارادة . وتوجد فى الطرف الآخر لهذه الأنبوبة عدسة ، حتى أن حزمة الضوء الوارد من الشق تخرج مارة بالعدسة كحزمة من الأشعة المتوازية . وتسمى هذه الأنبوبة ذات الشق والعدسة الرانية كوليماتور (Collimator) [1] وتركيب الأنبوبة غاية فى البساطة فهناك فتحة فى أحد طرفيها وعدسة فى الطرف الآخر . وعندما تخرج حزمة الضوء من هذه الأنبوبة تقع على المنشور الزجاجى صانعة معه زاوية . وبمرورها خلال المنشور تتفوق على صورة طيفه وتنثنى منعطفة حتى تدخل الأنبوبة الثانية التى ليست الا مرقبا "تلسكوبا" قصيرا لتكبير صورة الطيف . ويسمى جميع الجهاز بالمرقب الطيفى ، الاسبكتروسكوب (Spectroscope) وقد تضاف اليه وسائل صالحة لقياس مبلغ انثناء الأشعة ، وفى هذه الحالة تسمى الآلة أحيانا مقاس الطيف (Spectrometer) الأسبكترومتر .

وقد نلاحظ فى مرورنا أنهم يستبدلون بالمنشور الزجاجى أحيانا ما يسمى "الشباك" المحزز ومعناه فى اللغة القضبان المتقاطعة

(١) ضربنا صفحا عن بضعة أسطر جاءت فى صلب الكتاب عن أصل الكلمة فى اللاتينية وخطأ من وضعوها (المترجم) .

كما نراه فى بعض النوافذ وغير ذلك ، ولكن الشباك الذى نحن بصدده عبارة عن متسق من خطوط متوازية دقيقة جدا مسطرة على لوحة زجاجية . عند ما يمر الضوء العادى خلال أحد هذه الشبابيك تنتج أطيافا جميلة . وهناك فرق واحد بين فعل الشباك المحزز وفعل المنشور . ذلك أن المنشور ينشر حزمة الضوء فيكون طيفا مفردا أما الشباك فيحدث أطيافا عدة . تمر بعض صور الضوء الأبيض مستقيمة خلال الزجاج بين الخطوط وتحدث صورة بيضاء ناصعة فى مركز الحائل . وعلى جانبى هذه تتكون أطياف عدة متناقصة النصوع . واذا كانت الخطوط الدقيقة مسطرة على قطعة من فلز مرآة (Speculum) مصقول انعكس الضوء منها على صورة طيف . والشباك الذى من هذا القبيل يمتاز على المنشور ، ولكن لا حاجة بنا الى التبسط فى هذا الصدد .

واذا نظر الانسان الى شباك مرآة دقيق الخطوط جدا فانه لا يستطيع رؤية الخطوط ولكن جميع سطحها يلوح ملونا بلون قوس قزح . وليست خاصية فرز مختلف الأطوال الموجية فى الضوء من حق منشورات الزجاج وتلك الشبابيك وحدها ، ففى أيامنا هذه ، أيام السيارات التى تسير بالبترول لا يفوت أضعف السابلة أن يلاحظ أحيانا تلك الألوان الرائعة الجميلة التى تنعكس على سطح الأرض الرطب اذا سقط عليه بعض الزيت . هناك نرى خليطا من الألوان . ومن الجلى أن كثيرا من الأطوال الموجية المختلفة قد انفصل عن الضوء الأبيض الساقط على السطح الزيتى . فى هذه الحالة يحدث انفراز الأطوال الموجية بتدخل الأمواج الأثيرية المنعكسة وعدم انتظام الافراز مسبب عما هنالك من التباين فى سمك طبقة الزيت التى على السطح الرطب . وترى نفس هذه الظاهرة على فقاقيع الصابون الكبيرة ، وقد استعمل الأستاذ ليبمان (Lippmann) مبدأ هذا التدخل لاحداث الفوتوغرافية الطبيعية الألوان ، على أن عمليته تجربة معملية تقريبا .

والتلوّن الذى تبديه بعض الاصداف مسبب عن وجود خطوط دقيقة شبيهة بشباك المرآة الجهرية السالفة الذكر . ومن الحقائق العجيبة أنه اذا أخذ عن سطح الصدفة طابع من شمع الختم انطبعت على الشمع تلك الخطوط الدقيقة انطباعا يكفى لإحداث تلك الظاهرة اللونية .

لنتصور أننا فى غرفة مظلمة فماذا يمكننا أن نشاهده فيها بمساعدة المرقب الطيفى ؟ ولنفرض أننا قد هيأنا وسيلة صالحة لاحماء قطعة من الحديد بواسطة تيار كهربائى مثلا ، ووضعنا المرقب المذكور بحيث يستقبل أى موجة أثيرية تبعثها قطعة الحديد المحماة، لمدة ما لا نرى شيئا سواء نظرنا فى المرقب أم نظرنا مباشرة الى المكان الذى نعرف أن الحديد يشغله .

ولكن ما تأخذ قطعة الحديد فى التوهج وننظر فى المرقب حتى نرى ذلك الجزء من الطيف الذى يحدث عندنا احساس الحمرة ، نرى الرقعة الحمراء ولا شىء سواها . فنعلم من هذا أن فى الحديد كهارب دائرة بسرعة قدرها أربعة بلايين دورة فى الثانية . واذا ارتفعت درجة حرارة الحديد نرى أنها أصبحت تتوهج بازدهار أكثر فاذا نظرنا عندئذ خلال المرقب نرى أن الجزء البرتقالى من الطيف قد ظهر ثم يأتى الأصفر ، وبعده الأخضر فالأزرق والنيلى والبنفسجى بالتدريج كل فى دوره . وبذا نرى كيف انبنى الطيف بأكمله بالتدريج باندفاع الكهارب فى مختلف سرعة الدوران . ليس لنا أن نتوهم أن فى الحديد كهارب من طبيعتها أن تدور بمختلف هذه السرع لو كانت ذراتها حرة لا يصطدم بعضها ببعض ، بل السبب فى أننا نحصل على هذه الأنواع المختلفة من الأمواج الأثيرية يبعثها الحديد المحمى هو أن الكهارب انما تدفع الى هذه الخطى بثوران الذرات المتسبب عن سرعة اهتزازها ، واذ أن

الذرات محتشدة بعضها مع بعض فان الكهارب تعاق ، ولذلك فاننا نجد درجات مختلفة من السرعة فى دورانها . وكل جسم صلب يرفع الى درجة الحرارة البيضاء يكون كذلك . فيحدث طيفا كاملا ولا يفيدنا طيف كامل من هذا القبيل شيئا عن طبيعة المادة التى ترسل الضوء ، بل لا بد لنا من حل الذرات بعضها من بعض الى حد تستطيع كهاربها عنده أن تدور دورتها الطبيعية .

اذا صهرنا الحديد فانا نحرر الذرات من وثاقها الصلبى ولكنا اذا فحصنا الضوء المنبعث من الفلز المنصهر ظللنا نرى طيفا كاملا . واذا كانت لدينا وسيلة لرفع درجة حرارته الى ٦٠٠٠ درجة فرنهيت أى ٣٣٠٠ مئوية فاننا نستطيع بهذا أن نمكن بعض الذرات من الانطلاق فى الهواء على صورة غاز كما هو حال البخار الصاعد من الماء المغلى . واذا وجهنا المرقب صوب البخار الحديدى وأمررنا خلاله ضوءا أبيض واردا من منبع آخر أسخن منه ثم فحصنا الضوء الناتج نجد ظاهرة عجيبة جدا ؛ نرى طيف الضوء الأبيض ولكنه يكون مشتملا على متسق من خطوط مظلمة دقيقة تقطعه على فترات وظاهر من هذا أننا فقدنا فى هذه الحالة بعض الأمواج الأثيرية التى كان الضوء الأبيض يشتمل عليها . لم نحصل على الطيف المتصل الذى كان يجب أن يحدثه الضوء الأبيض بل حصلنا على طيف يوجد فيه خلاء هنا وهناك .

ان الطيف متكون من ملايين الملايين من صور الشق الوارد منه الضوء كلها محبوكة بعضها ببعض ومحدثة شريطا عريضا مثل خيوط السداة الملونة فى شريط قزحى اللون . وفى الحالة التى نحن بصددها يكون الشريط كأنما نقصت منه بعض خيوط من هنا ومن هناك .

واذا نظرنا فى المرقب " الطيفى " الى الضوء الذى مر خلال بخار الحديد لا نجد صعوبة فى تقدير أين ذهبت الأمواج

الاثيرية المفقودة . ليس هناك الا نتيجة واحدة ممكنة : تلك أن بخار الحديد امتصها ، وبعبارة أخرى ان الكهارب المتصلة بذرات الحديد قد وقفتها . أما الأمواج التى استطاعت أن تنفذ الى المرقب الطيفى فانها لم تجد كهارب مجيبة فى البخار .

ولنفرض أننا أخذنا صورة فوتوغرافية لهذا الطيف المتقطع ، وجلى أن من اللازم أن تؤخذ هذه الصورة من خلال المرقب ، واذ أن الصورة الفوتوغرافية لا تبدى ألوانا فعلينا أن نعلم عليها مواقع الأجزاء الملونة المختلفة . عندئذ نرى خطوطا كثيرة جدا حادثه فى جزء الأحمر ومثلها فى الأخضر وهلم جرا . نجد عددا كبيرا من الخطوط على مدى الطيف .

واذا أخذنا صورا فوتوغرافية اخرى من الضوء المار خلال أبخرة من عدة مواد أولية وقارناها بعضها ببعض وجدناها مختلفة اختلافا تاما ، بل إننا نحصل من كل عنصر على نفس الخطوط دائما . ففى الضوء المصور خلال بخار الصوديوم نجد خطين مظلمين فقط ، وهذان يحدثان فى الجزء الأصغر من الطيف . وهذان الخطان متقاربان جدا حتى ليراهما الانسان فى المرقب لطيفى البسيط كأنهما خط واحد . فلماذا تحدث هذه الخطوط ؟ ليست الخطوط إلا صورا للشق الذى يمر خلاله الضوء فى المرقب .

مما تقدم نرى أنه لا بد للعنصر أن يكون فى حالته الغازية قبل أن نستطيع احداث طيفه الخطى . رأينا أن بخار الصوديوم يمتص طولين موجيين معينين واقعين فى الجزء الأصغر من الطيف . من هنا نعلم أن البخار لابد أن يشتمل على كهارب قادرة على الدوران بسرع مقابلة لتلك الأمواج الخاصة . ولذلك يبدو من المعقول أنه اذا كانت هذه الكهاريب يمكن دفعها الى الدوران بمعدل سرعتها

الطبيعى فلا بد لهـا أن ترسل أمواجا تعادل نفس هـذه السرع فى الاهتزاز . وهذا مانجده بالضبط . فاننا اذا أحرقنا قطعة من الصـوديوم فى لهب بنصن (Bunsen Flame) وفحصنا لهب الصوديوم المحترق نجد خطين أصفرين زاهيين فى نفس الموقعين اللذين ظهر فيهما الخطان المظلمان .

واذا أحرقنا غاز الايدروچين وفحصنا لهبه بواسطة المرقب فانا نجد ثلاثة خطوط زاهية ، واحدا منها متميزا جدا فى الجزء الأحمر من الطيف ، وواحدا فى الأزرق. أما الثالث فخط يكون نوعا ما أقل وضوحا . و يوجد بعد الثانى فى قطعة الأزرق صوب الطرف البنفسجى من الطيف . وقد تكشف خطوط أضعف مظهرا اذا استعملت أداة استكشاف أدق ، على أننـا باستعمال مرقب جيبى صغير نتبين هذه الخطوط الثلاثة تمـاما .

وعندنا طريقة ميسورة جدا لفحص أطياف الغازات . فاننـا اذا ملأنا أنبوبة زجاجية بغاز الايدروچين ثم وصلنا الأنبوبة بمفرغة هوائية أمكننا أن نسحب أكثر غازها ونترك ما نسميه "فراغا" إذ الواقع أننا وان كنا نسمى هـذه أنابيب "فراغية" نعلم أنهـا لا تزال بعد تشتمل على مقدار قليل جدا من الهواء أو الغاز . قد تسـتفرغ الأنبوبة حتى لا يبقى فيها إلا جزء من مليون من الهواء الذى يملأ الأنبوبة تحت درجة الضغط العـادية . ولكن التفريغ فى الحالة التى نحن بصددها ليس على مثـل هـذه الدرجة العالية . فانما قصدنا أن نفرق بين الذرات تفريقا يكفى لاعطاء كهاربها حرية للدوران حول ذراتها بسرعتها الطبيعية أى الدورية ثم نحتاج بعد هذا الى جعل هذا المجتمع من الذرات الحرة ذاتى الاضاءة . نحن نعلم أن فى استطاعتنا أن نجعل محتويات

الأنبوبة الفراغية مضيئة بإمرار تفريغ كهربائى خلال الأنبوبة . عند ما نصل أقطاب الأنبوبة بملف استحداث — ملف تأثير — أو بآلة كهربائية نجد مظهر الفجر الشمالى تماما داخل الأنبوبة . ويختلف لون الوهج باختلاف نوع الغاز المستعمل فى الأنبوبة . أما فى الحالة التى نحن بصددها فعندنا من غاز الايدروچين ضوء أحمر باهت جدا . واذا فحصنا هذا الضوء خلال المرقب الطيفى نرى الخطوط الايدروچينية المعروفة ثم تكون الخطوط زاهية ، كما يكون الحال لو أن هذا الغاز كان محترقا . أما الخطوط المظلمة فلا ترى إلا عند ما يختبر الضوء المار خلال بخار ما فيدلّ هذا على أن هذه الأطوال الموجية قد امتصها الغاز .

ولقد كانت الطريقة السابقة لفحص أطياف العناصر الغازية ذات فائدة عظيمة إذ هيأت لنا وسيلة الحصول على غازات نادرة الحدوث لا يمكن حصولنا عليها بمقادير كبيرة ، وهى تساعدنا أيضا على ايجاد طيف الأكسيچين وغيره من الغازات غير القابلة للاشتعال .

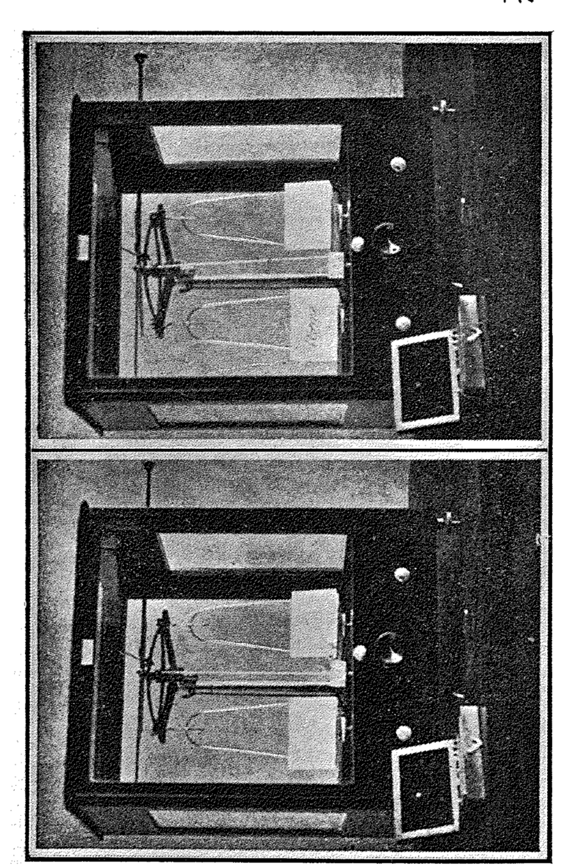
واذ كان لكل عنصر نظامه الخاص من الخطوط فى الطيف فاننا نستطيع أن نستدل من أى طيف معلوم على المواد التى تحدثه مهما كانت هذه المواد مختلطة . فمثلا اذا كنا نصور طيف الشمس بالفوتوغرافية فاننا نجد ألوفا من الخطوط مبعثرة فى صفحة الطيف جميعها . واذا علّمنا على الخطوط التى يحدثها الايدروچين والتى يحدثها الحديد وهكذا ، أمكننا أن نستدل بالدقة على العناصر المختلفة التى تشتمل عليها الشمس . نجد منها مالا يقل عن أربعين عنصرا ، منها الايدروچين والصوديوم والحديد والنحاس والنيكل والخارصين . كل هذه موجودة على صورة غازية فى الجو الخارجى من الشمس .

هـذه الأبخرة تمتص بعض الأطوال الموجبة التى تكون الطيف المتواصل الذى تحدثه الشمس المتوهجة ، ولذلك تحدث خطوطا مظلمة فى الطيف .

يمكننا أن نعرف شيئا كثيرا عن الأشياء التى تحيط بنا اذا تناولناها وفحصناها ، بيد أنه لا يمكننا دائما أن نحكم من أى مادةهى متكونة . فكر فى الشمس فانها واقعة على مدى ثلاثة وتسعين مليون ميل من أرضنا ، ومع ذلك فاننا نستطيع أن نقول من أى المواد هى متكونة . ألا إن كيمياء النجوم مرجعها جميعها الى المرقب الطيفى .

من العجيب أن سير اسحق نيوتن لم يلاحظ هذه الخطوط المظلمة فى طيف الشمس . انها لتوجد حتى فى الطيف المستحدث بواسطة منشور زجاجى عادى مما يستعمل فى الثريات القديمة الطراز . قيل أن نيوتن استخدم مساعدا ليفحص له الطيف ومع ذلك نتساءل : كيف فات المساعد أن يلاحظ هذه الخطوط ؟ على أنى ارجح أنه مر بتلك الخطوط السوداء الصغيرة على اعتبار أنها ناشئة عن شيء من عدم الانتظام فى تكوين المنشور الزجاجى. نعم إنه كان يستطيع أن يتثبت من هذا الأمر بازاحة منشور الزجاج الى هـذا الجانب أو ذاك ومراقبة الخطوط ، أتتحرك هى أيضا بتحرك المنشور أم تلزم مواقعها المحدودة بالطيف . ولكن لا يفوتنا أن نذكر أن الناس منذ قرنين ونصف لم يكونوا ملمين بهذه الوسائل الدقيقة فى التجارب الاستنتاجية التى اعتدناها فى هذه الأيام .

ومن النقط التى تروع النفس من أمر المرقب استطاعته كشف المقدار المفرط فى الصغر من المادة . فاننا اذا أحرقنا بضع حبيبات من ملح الطعام فى مصباح بنصن فاننا نجد خطوط الصوديوم



استكشاف المقدار القليل من المادة

فى الصورة اليسرى ترى قطعتين من الورق قد قطعتا بحيث أصبحت كل منهما توازن الأخرى تماماً على كفتى ميزان حساس جداً . وكتبت كلمة (Atoms) أى "ذرات" بقلم الرصاص على احدى الورقتين فظهر فرق الوزن كما ترى فى الصورة الثانية . بمثل هذه الموازين يمكن استكشاف المقادير الصغيرة جداً من المادة . على أن المرقب الطيفى يستكشف جزءاً على مليون من المادة الرصاصية التى استنفدت فى كتابة كلمة (Atoms) المذكورة .

بوضوح حتى وان استعملنا مرقبا طيفيا مما يوضع فى الجيب . ومن المعروف أن نقطة واحدة من الدم اذا ألقيت فى ملء فنجان الشاى مملوء بالماء أعطت طيفها المميز عندما يفحص الضوء الأبيض المار خلالها ، وبهذه الطريقة يمكن التمييز بين الدم الوارد من شريان أو وريد حتى وان كان المقدار ضئيلا جدا . نعم إن دم الشريان يتأكسد عند ما يخرج من القلب اذ سبق له أن استمد أوكسيجينا من الهواء فى الرئة ، أما الدم الوارد الى القلب بواسطة الأوردة فيزول تأكسده ، أى يختزل ، اذ يكون قد أعطى للجسم أوكسيجينه ، ففى المرقب ترى خطوط امتصاص مظلمة تمثل الأوكسيجين اذا كان الدم شريانيا ، واذا كان وريديا كانت هذه الخطوط مفقودة . وقد تضع حول هذه الحقيقة قصة من قصص شارلوك هولمز : يعثرون مثلا على سيدة حسناء ميتة وظروف موتها مبهمة ، ولا يستطيع الأطباء ولا الشرطة أن يقدّموا تفسيرا عن حالتها فيدعى شارلوك هولمز ويسحب نقطة دم واحدة من أحد الشرايين ، ويجرى عليها عملية الفحص المرقبى ويمكنه اذ ذاك أن يحكم قطعا أن المرأة ماتت من الاختناق من دخان فحم الحطب المحترق لأن جميع الدم فى هذه الحالة يكون جميعه قد زال تأكسده .

مما تقدّم يتضح أن المقدار الصغير جدا من المادة ممكن استكشافه بواسطة المرقب الطيفى ولكن ليست هذه قط بالحالات القصوى . واذا قلنا إن المرقب الطيفى الدقيق يستطيع أن يستكشف جزءا من مليون من مليجرام فلن يفيد هذا القول معنى كثيرا لأولئك الذين لم يعتادوا أن يشتغلوا بالمليجرامات ، بيد أنه بمساعدة الصورة المقابلة لصفحة ١٩٩ يمكننا أن ندرك عظم مقدار حس

المرقب الطيفى . نجد فى الصورة ميزانا كيماويا حساسا جدا بحيث يستطيع أن يكشف وزن كلمة مخطوطة بقلم رصاصى : فى الصورة الأولى نجـد قطعتين من الورق متساويتين فى الوزن بالضبط . فاذا أخذنا احدى الورقتين وكتبنا عليها كلمة واحدة بالقلم الرصاصى فاننا فى عملنا هـذا نكون قد ألصقنا بها جزءا صغيرا جدا من سن القلم على سطح الورقة ولا نرى بعـد ذلك فرقا فى سن القلم لأنه لا يزال صالحا لنكتب به مئات كثيرة من الكلمات . ومع ذلك فان الميزان لا يقصر عن الدلالة على الحمل الذى زاد كما نرى فى الصورة الفوتوغرافية الثانية . فى هـذه الحالة كشفنا أربع مليجرامات تقريبا من المـادة، ومع ذلك فان هـذا الميزان الكيماوى يقدر أن يقوم بعمل أدق من هـذا . هنا نرى وجود مقدار قليل جدا من المـادة يكشفها الميزان، ومع ذلك فان المرقب يمكنه أن يكشف جزءا من أربعـة ملايين جزء من هـذا المقدار من المـادة . فكر فى دقة مقدار "الرصاص" الذى زال عن سن القـلم وحاول أن تتصوّره وقد قسم أربعة ملايين جزء واعلم أن المرقب الطيفى يستطيع أن يكشف طبيعة واحد من هـذه الأجزاء غير المتناهية فى الصغر . على أن اهتمامنا بأمر المرقب الطيفى لا ينتهى عند هذا الحـد فسنرى من الباب التالى كيف أن هـذا الجهاز البسيط قد أضاف الى معلوماتنا حقائق ثمينة خاصة بالنجوم السحيقة .

الباب الخامس عشر

منشأ الكوكب

كيف نقيس درجة حرارة كوكب ما — قد يكون للعنصر غير طيف واحد – قياس تمثيلي بالتلغرافية اللاسلكية – درجة حرارة الشمس – منشأ الكوكب — تكوين الذرات — تفتت الذرات — خزان الطاقة الكامنة — كيف نعرف أن بعض النجوم يقرب منا بسرعة عظيمة — قياس تمثيلي بصفارات القطر الحديدية — كيف ترسل الينا الكواكب رسائل لاسلكية — برهان تجريبي على أن الضوء مسبب عن كهارب تدور حول الذرات — تجربة رائعة .

كيف يمكننا أن نعرف درجة حرارة كوكب بعيد منا ببلايين من الأميال ؟ أحسب أننا نستطيع أن نخمن تخمينا وجيها عن كيفية امكان القيام بهذا الأمر ولو لم نكن قد سمعنا من قبل بامكان ذلك . نستطيع على الأقل أن نقترح وسيلة ميسورة لمقارنة درجة حرارة كوكب بدرجة حرارة كوكب آخر اذ أدركنا ما حدث عندما أحمينا على التدريج قطعة من الحديد وفحصنا الضوء المنبعث منها . فقد رأينا اذ نظرنا فى المرقب الطيفى أولا الجزء الأحمر من الطيف فقط ثم اذ ارتفعت درجة حرارة الحديد شيئا فشيئا ظهر الجزء البرتغالى فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلي والبنفسجي . نعلم اذ ذاك أنه اذا أحدث كوكب ما الطرف الأحمر من الطيف كان هذا دليلا على أن ذلك الكوكب ليس من الحرارة بدرجة كوكب غيره يحدث الجزأين الأحمر والبرتقالى ، وكلما زاد من أجزاء الطيف شيء كان الكوكب المحدث لهذه الزيادة أسخن . هذا الترمومتر الملائم لا ينتهى عند حدّ الطرف البنفسجي من الطيف . فهناك أمواج أثيرية أخرى أعلى تردّدا ، وهذه الأمواج الأثيرية الخاصة

بالضوء فوق البنفسجى تؤثر فى اللوحة الفوتوغرافية، ولذلك فاننا نستطيع بواسطة الفوتوغرافية أن نطيل مدى مقياسنا الحرارى وراء حدّ الطيف المنظور . واذا وجدنا أن كوكبين يحدثان طيفين بمدى واحد نعلم أن هذين الكوكبين على درجة حرارة واحدة .

لكل عنصر خط طيفه الخاص المميز ولكن لا يصح لنا أن نظن أنه من المستحيل على طيف معيّن أن يبدى شيئا من الاختلاف . لقد كانوا يعتقدون زمانا طويلا باستحالة أن يتباين الخط الطيفى لأى عنصر بأية طريقة . ولكن منذ نصف قرن تقريبا نشر عالمان نمساويان مقالة ذكرا بها أن فى الامكان حمل بعض العناصر على انتاج اطياف مختلفة تمام الاختلاف عما هو معروف عنها . وأبدى سير نورمان لوكيار (Norman Lockyer) الذى أبلى فى هذا الفرع من العلم بلاء كثيرا ، بطريقة واضحة جدا أن أطياف بعض العناصر تبدى حالات من الاختلافات خارقة للعادة عند ما يكون العنصر على درجات مختلفة من الحرارة ، فطيف الصوديوم عند ما يحترق فى لهب بنصن أبسط تركيبا من الطيف الذى يحدثه عنصر الصوديوم نفسه عند ما يوضع فى قوس كهربائى، ويحدث تغيّر آخر اذا استعملت شرارة كهربائية كينبوع للاضاءة . فى هذه الأحوال الثلاثة ينتج الصوديوم أطوالا موجية مختلفة فى الأثير المحيط ويبدى الطيف اللهبى للحديد خطوطا قليلة، فى حين أن طيفه القوسى يبدى ما يقرب من ألفى خط . ولا يفوتن أحدا أن طيف أى عنصر ثابت دائما فى نفس الظروف . فالمعروف لنا أن الصوديوم يحدث ترتيبا معينا فى خطوط طيفه على درجة حرارة اللهب منه، وأن له ترتيبا آخر مسببا عن وجوده فى درجة الحرارة العالية من القوس الكهربائى . من هذا يتضح

أن قراءة الأطياف الكوكبية ليست أمرا بسيطا بحال ما . لا يقتصر ترتيب معين في الخطوط على الدلالة على العنصر بل يتعدّاه الى اعطاء فكرة عن درجة الحرارة التي يكون عليها العنصر، ومن ثم كان لترمومترنا الكوكبي وجه دلالة آخر . وهناك دلائل أخرى على درجة الحرارة ولكن ما فات يكفي لبيان كيف أمكننا اكتساب ما لدينا من الآراء الخاصة بدرجات حرارة الكوكب البعيدة .

ولقد استطاع المشتغلون بالعلوم أن يقرأوا الكثير من المعلومات القيّمة من الخطوط الطيفية للشمس والكواكب حتى كأنما أمواج الأثير رسائل تلغرافية لاسلكية ترسلها الكهارب الدائرة في الكواكب السحيقة ، وكأن مراقبنا الطيفية أجهزة استقبالها . وبواسطة الفوتوغرافية نعمل على أن تدوّن تلك الاشارات اللاسلكية الكوكبية نفسها ويكون مختلف الخطوط الطيفية بمثابة الدليل التلغرافي . واذا وضعنا هذا المثل التشبيهي نصب أعيننا كان سير نورمان لوكيارو سير ويليام واللادي هاجنس (Lady Huggins) رؤساء التلغرافيين ، فقد أبان لوكيار أن الخطوط الطيفية للحديد في جو الشمس أو غلافها المضيء هي بعينها التي يحدثها الحديد الذي يكون على درجة القوس الكهربائي . هذه الرسالة التلغرافية تخبرنا أن درجة حرارة غلاف الشمس تبلغ ٦٠٠٠° مئوية تقريبا وقد صححت هذه الرسالة التلغرافية فكرة كانت خطأ جدا كوّنها الانسان فيما سبق ، فقد كنا نعتقد منذ خمسين سنة أن درجة حرارة الشمس تبلغ عدة ملايين من الدرجات .

ومما يلذ الانسان دون التبسط في تفصيل الطيف ، أن يرى أي رسائل تلغرافية أخرى قد وصلت الى هذا الكوكب من الأجرام السماوية . لا حاجة بنا الى دليل الاشارات التلغرافية ، بيد أننا سنرى ما ذا استخرج التلغرافيون من الرسائل الواردة .

نحن نعلم أن الشمس العظيمة آخذة فى البرودة تدريجا وان كثيرا من الكواكب تحذو حذوها ولكنا نعلم من جهة أخرى أن هناك نجوما أخرى تزداد حرارة ونقدر أن اسخن كوكب يبلغ ٣٠ ألف درجة مئوية .

وقد قرأ أحد تلغرافيينا الرسالة الآتية ، وسواء أكان قد فسر الاشارات القاموسية تفسيرا صحيحا تاما أم لا فان الرسالة ذات روعة عظيمة اذ أنها تقدم تعليلا وجيها عن مولد الكوكب .

يكون عندنا فى أول الأمر سديم عظيم (Nebula) يشغل حيزا يقاس بملايين الأميال ويتكون هذا السديم من أسراب من النيازك (Meteorites) التى هى فتات من المادة الصلبة تشتمل على العناصر كما نراها فى كوكبنا . هذه النيازك أجسام باردة وقد تكون من الصغر بقدر حجم رأس الدبوس أو ذرات التراب . وعلى كل حال ففى الاستطاعة تصور هذه النيازك مصطدمة بعضها ببعض عند ما تميل الى الانجذاب نحو مركز الكتلة . هذه الاصطدامات تحدث حرارة ، وعليه ترتفع درجة الحرارة تدريجا كلما أخذت الكتلة فى التكثف . وعلى مضى الزمن ترتفع درجة الحرارة الى حد تصبح عنده الكتلة — وقد أصبحت اذ ذاك أقل جرما — جميعها على صورة غاز ؛ هذه حالة أسخن الكواكب . واذا بلغت هذه الحالة لا تكون هناك جسيمات صلبة لإحداث اصطدامات أخرى تستبقى حالة ارتفاع درجة الحرارة ، ولذلك يأخذ الكوكب فى البرودة .

عند ما يكون الكوكب على أقصى حالة من الحرارة تصل الينا فى المرقب الطيفى رسالات لا سلكية تخبرنا أن بعض العناصر قد انحل الى صور أبسط منه نظرا للحرارة المفرطة التى يحتمل أن تبلغ

عشرين ألفا الى ثلاثين ألفا من الدرجات المئوية . ولتمييز العناصر المنحلة أعطيت لها أداة التعريف الكيماوى بروتو (Proto) [١] فنقول بروتو ايدروچين و بروتو مغنيزيوم وغيرهما من العناصر الأولية كما توجد فى الكواكب الشديدة الحرارة . وفى غيرها من الكواكب التى ليست حارة مثلها نجد البروتوحديد والبروتونحاس وهكذا ، وكلما نقصت الحرارة اختفت هذه البروتية وتظهر الخطوط الطيفية المنتظمة للعناصر ، كما هو حال ما نرى على كوكبنا هذا . وكلما زادت برودة الكوكب وجدنا به عناصر أكثر ، ولا شك فى أن هذه العناصر قد تكوّنت تدريجا أى تكثفت أثناء عملية التبرد ، فهى بلا شك حالة من حالات النشوء. واذا قارنا الرسائل الواردة من الكواكب المختلفة فى درجة الحرارة نرى انه لا يوجد فى أسخن الكواكب إلا أخف العناصر ، وأثقلها يظهر بالترتيب تقريبا بتدرج الكوكب فى التبرد .

لقد أصبحنا ولا شك على علم بأن ذرات جميع العناصر متألفة من كهارب ، وقد رأينا من الفقرة السابقة أنه لا يجتمع من الكهارب على درجة الحرارة العالية جدا التى توجد فى بعض الكواكب ، الا عدد قليل جدا ليكوّن ذرة ، فى حين أن العدد الكثير منها يجتمع و يكوّن ذرة أثقل فى درجات الحرارة المنخفضة .

من الطبيعى فى هذا المقام أن نتساءل عما يحدث عند ما يصبح الكوكب من البرودة بدرجة يقف عندها عن التوهج ، ولنقل عند ما نكون فى الحالة التى فيها الكوكب الذى لنا حسن الحظ بالوجود عليه . فعندنا فى أرضنا نحو ثمانين عنصرا أثقلها جميعا الأورانيوم

---

[١] بروتو (Proto) من الكلمة الاغريقية (Protos) ومعناها الأول أو الأصل .

(Uranium). فما ذا يمكن أن يحدث بعد ذلك ؟ . هل سيشع هذا الكوكب حرارته منتهيا هو والكون جميعه ثم يمسى كتلة باردة خامدة ؟ لم يخيل الينا حتى عهد قريب أن هذه النتيجة غير وجيهة، على أن القارئ يتذكر أننا تناولنا المثل الانجليزى الذى يصف الشيء الخامد بأنه "ميت موت مسمار الباب" وأننا نعرف اليوم أن هناك نشاطا باطنا عظيما فى كل قطعة مما نسميه المادة الميتة . أليس ممكنا يومئذ أن تتكسر ذرات المادة ثانية وتكوّن صورا أخرى وتطلق فى النهاية تلك الكهارب الدائرة التى تتكوّن هى منها ؟ لا حاجة بنا الى التخمين فى أمر هذا الاحتمال ، فان لدينا دليلا ملموسا على أن هذا هو الحاصل فعلا فى عنصر الأورانيوم وغيره من العناصر الثقيلة ، بيد أن الموضوع من خطورة الشأن بحيث أفردنا لموضوع تهدم الذرة بابا قائما بذاته .

واذا قرأنا بين سطور الرسائل اللاسلكية التى تصل الى هذا الكوكب من العالم الخارجى نتصور الكون لا كآلة أدارها الخالق ثم سمح لها أن تجرى حتى تصل الى حالة السكون بل كتغيّر أبدىّ من الكهارب الى العناصر البروتونية ثم الى الكهارب ثانية وهكذا .

نعم إن المقصود مما سبق أن يتضمن أحدث الآراء العلمية الخاصة بالكون، ولكن لا يغيب عن الفكر أن هناك مقدارا كثيرا مما يسمى القراءة بين السطور، و بعبارة أخرى من التفكير التخمينى . قد تقرأ اذ تقرأ خطابا وديا على الوجه الصحيح أحيانا كما قد تقرؤه على وجه مخطئ . فللأجيال المقبلة اذن أن يحكموا أى مدى من قراءتنا بين السطور كان فى السبيل الحق .

ليس هناك أدنى شك فى أن كثيرا من النظريات التى نقول بها اليوم ستخلى مكانها من الأفئدة لما هو أجد . سيضاف كثير من

النظريات الحديثة الى معلوماتنا من وقت لآخر ، والواجب علينا ادراك أن آراءنا الحالية وقتية بحتة ، وأنها خير ما عنّ لنا بقدر ما أمكننا أن نقرأ من أسرار الطبيعة .

ولا بد لنا قبل أن نترك موضوع المرقب الطيفى أن نذكر أن هناك نوعا آخر من الرسائل اللاسلكية يصلنا من الكواكب السحيقة ، رسائل تلذنا ملاحظتها . أحيانا عند فحص أطياف الكواكب يحدث تغير طفيف فى الخطوط . ذلك بأن الخطوط الطيفية لا تكون فى مواقعها العادية من الطيف . فى بعض الأحوال تنزاح الخطوط قليلا مرتقية فى السلم صوب الطرف فوق البنفسجى ، وفى البعض الآخر تنزاح نازلة فى السلم قليلا عن الموضع الذى تشغله الخطوط عادة . وظاهر أن سرع الاهتزاز فى الحالة الأولى قد زادت وفى الحالة الثانية نقصت . والتفسير الوجيه الوحيد لهذه الرسائل هو أن الكوكب فى حالة فحصه الأولى كان متحركا صوب الناظر وفى الثانية كان مبتعدا . وعندنا لهذه الظاهرة مثل فى حياتنا اليومية ، وهو قياس تمثيلى شائع فى علم الطبيعة وهو كما يلى :

يلاحظ الانسان فى بعض الأحيان أن درجة صوت صفارة القاطرة تتغير عند ما يقرب قطار الاكسبريس منا أو يبتعد ، حتى ليظن الانسان أن فى القاطرة صفارتين اذا هو لم يعلم أن الصفارة لم تكن مخرجة إلا نغمة واحدة محدودة . سبب هذه الزيادة والنقصان فى درجة الصوت ليس بعيد المنال . فالصفارة تبعث اهتزازات هوائية من سرعة معينة ، ولكن عند ما يندفع القطار مقتربا منا تصل هذه الاهتزازات متداركة واحدة بعد أخرى أسرع مما يكون الحال عليه والقاطرة واقفة فى مكان واحد . ولذلك نسمع نغمة أعلى قليلا . تصوّر

الصفارة مرسلة فى الجو عددا محدودا من الضربات فى كل ثانية من الوقت . عندئذ نتخيل أن موجة الصوت الأول التى بعثتها الصفارة سائرة نحونا ولكن القاطرة تندفع الى الأمام عند ما تعطى الضربة الثانية ، وفى هذه الحالة تكون القاطرة قد تابعت الصوت الأول الى مدى قريب جدا قبل أن تعطى القاطرة ضربتها ، أى صفرتها الثانية ، و بذلك أصبحت أمواج الهواء يتبع بعضها بعضا على مدى أقرب مما يكون لو أن الأمر كان على غير ذلك ، وترد فى تعاقب أسرع منه لو أن القاطرة بقيت فى مكانها حينما أعطت الضربات . وورود هزات أكثر عددا فى الثانية معناه علو فى الدرجة الصوتية (Pitch) . ونقيض ذلك ، أى أنه اذا كانت القاطرة مندفعة فى ابتعاد عنا تكون الهزات أى الأمواج الصوتية أبعد قليلا بعضها من بعض إذ تبتعد القاطرة عند كل ضربة . وورود هزات أقل فى الثانية معناه انخفاض فى الدرجة الصوتية .

بمساعدة هذا المثل التشبيهى يمكننا أن نقرأ ونفهم معنى الطيف المتغير قليلا فاذا وجدنا أن الخطوط الطيفية قد تحركت الى أعلى صوب الطرف البنفسجى من الطيف فلا يكون ثمة تردد فى القول بأن زيادة "الدرجة" ناشئة عن أن الكوكب الذى أعطى الأمواج الأثيرية مندفع نحونا . ونقيض ذلك اذا وجدنا أن مواضع الخطوط أقرب الى الطرف الأحمر من الطيف منها وهى فى الحالة العادية نحكم أن الكوكب متنح عنا . و يمكننا اذا قسنا بالدقة التامة مقادير زوغان الخطوط الطيفية عن مواقعها الأصلية أن نحسب سرعة حركة الكوكب . بهذه الطريقة نعرف أن الشعرى اليمانية (Sirius) تقترب منا بسرعة تزيد عن تسعة أميال فى الثانية ، ومن حسن الحظ أن أمامها شوطا كبيرا عليها قطعه قبل أن تصل الينا ولكن كوكبنا لن يكون فى الكون ليشهد يوم بلوغها نهاية الشوط . و بعض

الكواكب سرعته أكثر من هذا بكثير فى خط النظر. و بالطريقة عينها يخبرنا المرقب الطيفى أن العيّوق (Capella) منصرف عنا بسرعة قدرها خمسة عشر ميلا فى الثانية فى حين أن غيره يبتعد بمثلى سرعة السابق. وليس هناك تقدير تقريبى أو عمل تخمينى فيما يختص بهذه السرع ؛ فان الآلات والطرق الحديثة تمكن الانسان من أن يعرف السرعة الحقيقية بدقة لا يحتمل فيها الخطأ إلا بما هو دون نصف ميل فى الثانية حتى فيما يختص بأبعد الكواكب وأسحقها .

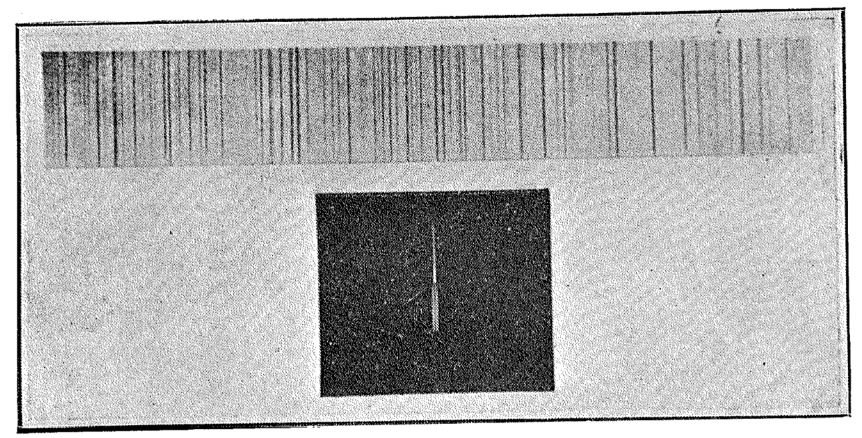
لا شك عندنا فى أن هذه الرسائل اللاسلكية الواردة الى المرقب من أى مصدر ممكن انما أرسلتها الكهارب الدائرة ، والواقع أنه يمكننا أن نثبت هـذه الحقيقة فى المعمل بسهولة . ظل جمهور الناس لا يلتفت إلا قليلا لهذا الرأى فى تعليـل حدوث الأمواج الأثيرية ، عند ما كان مجرد نظرية قائمة على تقديرات رياضية . فى سنة ١٨٨١ تقريبا ارتأى الأستاذ ه . أ . لورنتز الامستردامى (H.A.Lorentz, of Amsterdam) نظرية أن الأمواج الأثيرية الضوئية تنشأ بواسطة كريات دقيقة مشحونة تدور حول ذرات . لقد كانت هذه نظرية وجيهة جدا ولكن لم يتيسر يومئذ تقديم برهان تجريبى لتعزيزها ولكن فى سنة ١٨٩٧ أثبت الأستاذ زيمان الليدنى (Prof. Zeeman, of Leyden) بالتجربة فى المعمل أن هذه الجسيمات الدائرة موجودة فعلا وأنه لا شك فى أنها تحدث الأمواج الأثيرية الضوئية. أما برهان زيمان التجريبى العظيم الأهمية فهو كما يلى :

عرفنا أن أى تغيـر فى سرع الكهارب الدائرة يغير الأطوال الموجية للأمواج الأثيرية التى تحدثها هـذه الكهارب . ولكن أنى لنـا أن نؤثر مباشرة فى هـذه الكهارب حتى نحملهـا على احداث تغيير فى السرع ؟ المعـلوم لنا أن الكهارب التى تكون

فى حركة مطردة تكوّن تيارا كهربائيا ، والمعلوم لنا أيضا أن التيارات الكهربائية خاضعة لتأثير المجال المغناطيسى . هذه المقدمات وأمثالها ساعدت علماء الطبيعة على فحص تأثير مجال مغناطيسى قوى فى جسم يشع أمواجا أثيرية ضوئية . وقد كان يظن فى بادئ الأمر أنه إن كان هنالك تأثير فلا بد أن يكون من القلة بحيث لا يمكن ادراكه ،ولكن جاء المرقب الطيفى وذلل تلك الصعوبة . وقد رأينا كيف أنه يستطيع أن يستكشف الاختلافات الصغيرة جدا التى تحدث فى الأطوال الموجية فى الأثير .

وضع الأستاذ زيمان لهب صوديوم بين قطبى مغناطيس قوى جدا وهيأ مرقبه الطيفى بحيث يستطيع أن يفحص الضوء الذى يخرجه اللهب . عند ما اعدّ الجهاز تماما وجد خطوط الصوديوم المعروفة ، ثم أطلق التيار على المغناطيس الكهربائى فوجد أن كل خط من تلك الخطوط قد انشق خطين متوازيين (أنظر الرسم السابق) وكلما أبعد المجال المغناطيسى عن اللهب ظهرت الخطوط الطيفية مفردة كعهدها الأول ، فماذا أحدث هذه الظاهرة العجيبة ؟

جلىّ أن بعض الأمواج الأثيرية قد اختزلت سرعتها ، ولذلك أخذت موضعا أدنى قليلا فى لوحة الطيف ، فى حين أن غيرها قد زادت سرعته وأخذت خطا طيفيا أعلى قليلا فى السلم ،وبذلك أحدثت خطين متميزين بدلا من خط فرد . دل هذا على أن سرعة بعض الكهارب قد نقصت وأن سرعة غيرها قد زادت . وهذا ما يجب أن ننتظره بالضبط . لا بد أن يكون فى حشد الذرات العظيم ، فى لهب الصوديوم ، كهارب تقع مداراتها فى جميع أنواع المستويات حتى لو رآها انسان لوجد أن الكهارب تدور فى جميع



(١) الخطوط المظلمة فى المرقب الطيفى .

(٢) تأثير زيمان .

الصورة العليا جزء من صورة فوتوغرافية للطيف الشمسى . وقد فسرنا معنى الخطوط المظلمة التى ترى فى الصورة ٦ فى صفحة ١٩٩

الصورة السفلى صورة مزدوجة . فى بادئ الأمر صور خط طيفى واحد من الصوديوم . ثم أطلق مجال مغناطيسى قوى على لهب الصوديوم وأخذت الصورة الثانية فبينت نفس الخط مشقوقا خطين — أنظر صفحة ٢١١

الاتجاهات ، وأن التى تكون منها ذاهبة فى اتجاه واحد تزداد سرعتها بتأثير المجال المغناطيسى والتى تكون ذاهبة فى الاتجاه المضاد تنقص سرعتها ؛ ومن ثم يحدث التغيير فى الخطوط الطيفية .

وهناك نقط كثيرة هامة متصلة بالتأثير الذى استنبطه زيمان ولكنا قد ذكرنا ما فيه الكفاية للتأدية الى الغرض المقصود . فنحن نرى أن هناك برهانا تجريبيا مباشرا على أن الضوء مسبب عن كهارب دائرة . وهى إحدى التجارب الرائعة جدا التى أسعدنى الحظ برؤيتها . نعم إنها غير معقدة ولا مسهبة بيد أنها تحتاج الى أفضل الأجهزة الحديثة . ولقد حاول غير واحد من المجربين أن يرى هذا الأثر ولكنه لم يوفق بل لقد حاولها زيمان نفسه فأخفق . ولكنه نجح فى سنة ١٨٩٧ بمساعدة جهاز أدق وأكمل ، ويلذ الانسان أن يراقب خطوط لهب الصوديوم المرقبية حينما يطلق رفيق تيار الكهرباء على المغناطيس الكهربائى الكبير . عندئذ يرى الانسان تلك الخطوط وقد ازدوجت على الفور ، وعودتها الى الانفراد تدل على انسحاب المجال المغناطيسى .

إنها لتجربة عجيبة رائعة بها نسيطر مباشرة على تلك الكهارب التى لانهاية لصغرها ، والتى تدور حول ذرات الصوديوم غير المنظورة . بها نعمل فى أشياء أبعد من مجال أقوى المجاهر ، ومع ذلك فاننا نستطيع أن نقرأ ونفهم ما يحدث وذلك بتدوين الأمواج الحادثة فى الأثير والمحللة بواسطة المرقب الطيفى .

الباب السادس عشر

عمر الأرض

انتفاء قاعدة مطردة بين الأجرام السماوية — تمثيل بحشرة — آراء الصبا عن عمر الأرض — الانسان واحد منذ آلاف من السنين — كتاب الجيولوجيين فى التاريخ القديم — لورد كلفن وتقديره سن الأرض — هل للراديوم دخل فى بقاء درجة حرارة الأرض ؟ — مولد القمر — تكوين البحار العظيمة — حساب عمر البحار العظيمة — مولد المجموعة الشمسية — هل الكهارب خالدة ؟ — قول رائع للورد كلفن .

تلك الرسائل اللاسلكية التى يتسلمها المرقب الطيفى من العالم الخارجى والتى كنا بصددها فى الباب السابق لا تحمل الينا شيئا مباشرا من العلم عن عمر الكون . ولا يخلق بنا أن نقارن أعمار الكواكب استنادا الى درجات حرارتها اذ يكون هذا من الخطأ بقدر استناد الانسان فى تقدير سن بنى الانسان الى نسبة أطوالهم بعضهم الى بعض . نعم إن الانسان فى أثناء انتقاله من الطفولة الى الرجولة يزداد طولا ولكن الشاب الذى يبلغ طوله خمسة أقدام لا يتحتم أن يكون أسن من آخر طوله أربعة أقدام فقط . ومع ذلك فانه عند ما يطلب الى الانسان أن يقدر بالحدس سن طفل ما أو على الأخص عند ما يطلب اليه أن يقول عن طفلين أيهما أكبر ، يعتمد عادة الى حد بعيد على عامل الطول . ونحن وان كنا نهمل فى اعتبارنا جميع مناحى الرأى بوجود قانون مطرد ، نرتاح الى اجراء مقارنة عامة بين الكواكب عمادها درجات حرارتها .

ولكن الكواكب لا تزال كما هى منذ عمل الانسان عنها ملاحظات مقطوعا بها ، اذ لم ير أحد كوكبا يتغير من حال الى حال . تصور حشرة ما ، حياتها كلها يوم واحد ، مرزوقة ذكاء وفكرا . اذا نظرت هذه الحشرة الى جنس الانسان تجد مخلوقات حية من أحجام مختلفة ، ولعلها تستنتج أن المخلوقات الصغيرة قد نمت بالتدريج

حتى أصبحت مخلوقات أكبر حجما . ترى حدا أدنى وحدا أقصى ولكنها لا تستطيع أن ترى أى تغيّر فعلىّ حادثا أثناء عمرها القصير المدى ، ولذلك لا يمكنها أن تكوّن رأيا ما عن السرعة التى ينمو بها جنس الانسان . وكذلك نحن فاننا لا نستطيع أن نكوّن رأيا ما عن سن الكون بالمشاهدة المباشرة .

على أن الانسان نزيل كوكب يعتقد أنه قد مرّ فى جميع الأحوال التى يراها فى الكواكب . ولذا فان خطته الطبيعية هى أن يفحص الانسان باطن كوكبه ويحاول أن يقرأ تاريخه بواسطة علم الجيولوجيا .

يجوز أن يكون فينا من يتذكر ما كان له من الآراء فى الطفولة عن سن الأرض . أتذكر وأنا صبى انى نظرت الى التاريخ المسطور على أول صفحة من سفر التكوين (٤٠٠٤ ق م) وحسبت فوجدت أن سن الأرض يبلغ لذلك ستة آلاف سنة . بالطبع كان رأينا فى صبانا عن الخلق أنه استغرق سبعة أيام فى كل منهما أربع وعشرون ساعة متها يوم الراحة . وأتذكر اليوم بجلاء كيف أنى حاولت أن أتبين معنى هذه الآلاف الستة . فكرت فى المثل التشبيهى الذى استعملته ، وأنا فى الكنيسة : تصوّرت عشرين امرأة طاعنات فى السن يشغلن مقعدا فى الصف الأول وكان سن كل امرأة منهن مائة سنة تماما . وظاهر أنه اذا كانت هذه النسوة العشرون المتخيلات قد ظهرن على هذا الكوكب بالتتابع ، تظهر الثانية عند ما تموت الأولى وهكذا ، فانهنّ يكوّن حلقة اتصال كاملة بين عهد المسيح واليوم الحاضر ، وبعبارة أخرى تكون المرأة الأولى قد وجدت منذ ألفى سنة تقريبا . وكان علىّ اذ ذاك أن أتصوّر ثلاثة مقاعد مستطيلة مشابهة للأول لأصل

الى مبدأ الخليقة . لقد لاح الأمر لى اذ ذاك معقولا جدا وحقيقيا وأصبح سن الأرض المتخيل مدركا بذلك جدا . إن صبى اليوم لا يمكن أن تأتى له هذه الأفكار الا فى وقت مبكر جدا . ولكن راعتنى حادثة وقعت منذ عهد قريب، فقد كنت مارا فى مقبرة ومعى رفيق فى سن السابعة، واذا به يجذبنى الى شاهد قبر يلوح عليه القدم، واضح عليه لقب "آدم" فسألنى الطفل منكرا فى استفهامه قال: ليس هذا قبر آدم الذى ذكره الكتاب المقدّس ، أم أنه هو ؟ إن عقل الصبى فى هذه الأيام يأخذ فى البحث على عجل ليعرف حقيقة سن الدنيا .

لا يأمل الانسان أن يحفر الى عمق بعيد فى باطن الأرض ولكن هناك شقوقا جبلية عظيمة فى أجزاء مختلفة من الدنيا ، وفى هذه نرى مختلف طبقات الرواسب . بهذه الطريقة استطاع الانسان أن يقرأ صفحات تاريخ الأرض فى عهدها القديم .

من أعمال الحفر التى جرت فى مصر نرى أنه قد وجد منذ أربعة آلاف سنة على الأقل رجال ونساء مماثلون لنا جدا . ويتبين الانسان من واقعة صغيرة حديثة العهد بالظهور فى احدى عمليات الحفر الحديثة كيف أن شباب ألوف مضت من السنين يماثل شباب اليوم تماما . سمعت أحد أفراد الجماعة الذين تولوا الحفر يقول انهم وجدوا على احد الجدران جملة منقوشة ، ترجمتها "جوليتى ؛ جولية" ، خنزير صغير. ولا بد أن كلمة خنزير كانت من ألفاظ التمليح والاعزاز فى تلك الأيام . وأتذكر حادثة أخرى عن نفس السند السابق : نقشا مؤثرا وجد على شاهد قبر أقامه زوج ذكرى لزوجته المتوفاه ، ترجمته : "لم يكن لها من ذنب سوى أنها تركتنى" .

فنحن نرى والحالة هذه ان الانسان لم يتغير فى الحقيقة فى مدى أربعة آلاف سنة الا قليلا جدا . بل الواقع أن الوقت اللازم لترقى الانسان من طور الكائنات العضوية الحية البسيطة الى طور الانسان لا يمكن أن يقدّر بآلاف السنين . فلا يدهشنا على هذا الاعتبار أن نعلم أن المأسوف عليه لورد كلفن قدّر عمر الأرض باعتبارها كوكبا قابلا لسكن الانسان فيه بعشرين مليونا من السنين . وقد بنى تقديره على حالة الأرض الطبيعية أى على حرارتها الباطنية . فقدّر أن الأرض قد استغرقت عشرين مليونا من السنين لتبرد كرتها المنصهرة وتصل الى درجة حرارتها العادية .

منذ استكشاف عنصر الراديوم (Radium) الذى لا يفتأ يبعث حرارة ، ارتأى بعضهم امكان ان مثل هذه المواد ذات القوة الاشعاعية تساعد على حفظ حرارة الأرض مدة أطول مما ينتظر لو لم تكن هذه المواد موجودة . وكذلك ارتأوا فى أمر الشمس وحياتها . وجلى أن لورد كلفن لم يقم لهذه المزاعم وزنا . ففى خطاب كتبه فى سنة ١٩٠٦ ونشر بعد ذلك التاريخ فى جريدة (British Weekly) أبدى ما يعتقدون أنه آخر رأى له فى الموضوع . قال عن الأرض والشمس "يكاد يبدو بعيد الاحتمال الى درجة لا نهاية لها أن الراديوم يضيف شيئا ما تقريبا الى طاقتهما لاطلاق الحرارة والضوء" ومع ذلك فلا يفوتنا أن نذكر أن من رجال العلوم المبرزين جدا فى الوقت الحاضر من يرى ذلك الزعم وجيها سائغا .

قد يقدر أحد الهواة عمر حصان تام النمو بمظهره أو بنشاطه ولكن الخبير يستطيع أن يعرف ذلك من أسنانه الى سن محدودة . و يمكننا أن نعد عمر شجرة مما تشتمل عليه من الحلقات ، وسن

بعض الأسماك من علامات توجد على قشورها . وهناك طرق شتى لتقدير سن كوكب الأرض . ولكن ربما ساعدنا قبل المضى فى بحث هذه الطرق أن نورد شيئا اجماليا من آراء العلم الحديثة فيما يختص بنشوء هذا الكوكب وترقيه من حالة كونه كرة منصهرة الى حالته الحاضرة . فى سالف العهد يوم كان هذا السيار كتلة منصهرة كانت الكتلة تدور حول محورها بسرعة عظيمة وكانت محوطة بجو كثيف من بخار الماء وتخيل الفعل المدّى للشمس محدثا أمواجا مدّية فى الغلاف الخارجى من هذه الكرة المنصهرة . ولقد ارتفعت موجة عظيمة الى علو بالغ جدا حتى انقطعت عن الجسم الأصيل ، وبهذه الطريقة ولد القمر . وفى تقدير سير چورچ داروين (Sir George Darwin) أن هذا حدث منذ ستة وخمسين مليون سنة .

وإذ بردت الأرض أصبح بخار الماء سائلا وتكوّنت المحيطات فى بخوات سطح الأرض اذ أصبح السطح غير منتظم بتأثير الضغط العظيم الحادث عليه من الجو المائى الذى يحتمل أنه بلغ يومئذ خمسة آلاف باوند على كل بوصة مربعة . وتبرد مياه المحيطات الغالية وتكوّن ركام رواسب . هذه الرواسب فى قشرة الأرض هى بمثابة المواد التى يتألف منها كتاب " الجيولوجى فى التاريخ القديم " .

راع الجيولوجيين فى أول الأمر عظم الزمن اللازم لتكوّن هذه الرواسب المتراكمة حتى أعلنوا أن عمر الأرض لا يمكن أن يعد الا بالآزال والدهور الخالدة . ولا يقنع بعض جيولوجيي اليوم دون ألوف الملايين من السنين تقديرا للمدة التى قضتها الأرض لتجمد وتصبح فى الحالة التى هى عليها اليوم .

ومما يلذ الانسان أن يعرف احدى الطرق المستعملة لتقدير الوقت الذى مضى على تكوّن البحار على سطح الأرض . كانت البحار بعد اذ تكوّنت من جو الماء الغازى ، مياها فى أول الأمر

عذبة ولم تصبح ملحا الا تدريجا بما نقلت اليها الأنهار من أملاح الصوديوم. وقد قدّر الأستاذ چولى الدبلنى (Joly, of Dublin) مبلغ الصوديوم الذى تحتويه مياه البحار وكذا مقادير ما تحمله الأنهار اليها كل عام فوجد أن ما تحمله الأنهار يبلغ مائة وستين مليونا من أطنان الصوديوم سنويا وأن مبلغ ما فى البحار من هذا العنصر أكبر من هذا القدر بتسعين مليون مرة على الأقل ، ولذلك يرى الأستاذ جولى ان البحار قد استغرقت تسعين مليون سنة حتى بلغت درجتها الحالية من الملوحة .

ويلاحظ القارئ أن تقدير الأستاذ جولى يزيد بعشرين مليون سنة عن الحد الأدنى الذى قدره لورد كلفن ولكن لورد كلفن كان قد قدّر تلك المدة يوما ما بأربعمائة مليون سنة على أنه فى النهاية مال أخيرا الى رقمه الأدنى . ويقع تقدير سير چورج داروين عن سن القمر بين الحد الأدنى لتقدير لورد كلفن وتقدير الأستاذ چولى . ومن ثم نرى أن أساطين هذا العلم فى زماننا هذا غير متفقين بحال ما فى تقدير الزمن الذى استغرقه كوكب أرضنا حتى أصبح جسما صلبا ولكنهم مجمعون على كل حال على أن هذا الزمان لا يقاس الا بالملايين من السنين . واذا سلمنا بأنه كان من الضرورى أن تمضى بضعة ملايين من السنين لتهبط حرارة الأرض من مقام ٥٠٠٠ درجة فما ذا نقول عن الزمن الذى استغرقته لتنزل من مقام ٣٠٠٠٠ درجة يوم كانت كوكبا من أحر الكواكب فى الكون ؟

الجلى شيء واحد ، وهو أن لهذا السيار بداية فلا بد أن تكون له نهاية . نحن نفكر فى الأرض على اعتبار أن لها حياة محدودة من الوقت الذى شردت فيه هى وسائر أعضاء المجموعة الشمسية من السديم العظيم الذى كان يشغل فى الأصل حيز المجموعة الشمسية جميعها . ويمكننا أن ندرك أن جميع الأجرام السماوية كانت لها

بداية وأنه لابد لها من نهاية ، وأن ذرات المادة نفسها هي أيضا كانت ذات بداية وأنه لا بد لها من نهاية. ولكن ما ذا يكون من أمر الكهارب التي تتألف منها الذرات : أهي خالدة ولا تتغير؟ ألا يجوز أن تكون الكهارب نفسها ذات تراكيب معقدة كالذرات ؟ قد تدخل نظرية منديليف عن جسيمات الأثير في هذا الصدد ، اذ يتصور الكهارب مجاميع من جسيمات أثيرية دائرة. لا عجب أن يصيب الانسان الدوار بين الغير المتناهية في العظم من أشياء الكون المعروف و بين الغير المتناهية في الصغر من أشياء الطبيعة.

نحن لا نشك في ارتقاء الانسان وان كنا نميل الى تعديل نظرية داروين في هذا الصدد. وكذلك يجب علينا أن نقبل نظرية ارتقاء المادة ؟ ليس الفاصل القديم بين الأجسام الحية والمادة غير الحية من السعة اليوم كما كان من قبل . فقد يكون الفرق بينهما كما بين جسم مكهرب وآخر غير مكهرب ، ولكنا نعتقد أن الحياة شيء مستقل عن المادة والطاقة اذ في الجسم الحي شيء غير موجود في الجسم الميت .

والتسليم بالارتقاء لا يترتب عليه أن نعني أن جميع الأشياء هي كما نراها اليوم بفضل قوة عمياء غير حية ، وقد قال لورد كلفن في هذا الصدد جملة رائعة جدا في خطبة ألقاها منذ بضع سنين . قال "يتعذر على الانسان أن يتصور بداية الحياة أو استمرارها دون أن تكون هناك قوة خالقة مسيطرة ، وانى لأعتقد من صميم نفسي أنهم في أبحاثهم الفلسفية عن الحيوان قد أغضوا الطرف إغضاء عظيما مفرطا عما في نظام هذا الكون من حجة دامغة . فان لدينا فيما حولنا براهين قوية قاطعة على وجود نظام مدبر وخيّر ، براهين تدلنا بواسطة الطبيعة على ما فيها من أثر ارادة حرة وتعلمنا أن جميع الأشياء الحية تعتمد على خالق وحاكم واحد أحد أبدي" .

الباب السابع عشر

من أين جاءت الحياة ؟

دورة الحياة – اشاعة عجيبة – حياة خامدة لمدة ثلاثين سنة – لورد كلفن ورأيه فى أصل الحياة على هذا الكوكب – فكرة مخطئة – الاستكشاف العظيم لباستور – بدأت الحياة فى البحر – تركيب جميع الأشياء الحية – ماهو البروتوبلازم – هل يمكن أن تنشأ الحياة بالعمل فى المعمل ؟ .

لا يكون كتاب عنوانه عنوان كتابنا كاملا دون أن يتضمن شيئا من الآراء العلمية الحديثة الخاصة بأصل الحياة .

اتخيل بعض أهل المدرسة القديمة غير راضين عن أن يوضع سؤال "من أين جاءت الحياة" موضع البحث بتاتا ، فهم يرون أنه يكفى فى الاجابة على هذا السؤال أن يقال إن الخالق خلق الانسان والأحياء جميعها . ولكن من الطبيعى ونحن نعتقد كما رأينا فى الباب السابق فى حدوث ارتقاء من الكهارب الى الذرات ومن نوع الى نوع فى الذرات ، ومن الذرات البسيطة الى الجزيئات المركبة ، وفى النهاية الى مادة حية بطريقة غامضة ، أن يتساءل الانسان ويبحث فى أصل الحياة — إن رجل العلم حقا لا يميل الى أن يخلى الكون من خالقه وانما يشتهى أن يرى الطريقة التى يجعل الخالق بها الطبيعة تنفذ خطته .

لو قال أحد رجال العلم اليوم إن الشمس منشئة الحياة لعدّ متفيهقا وهذا نعت صحيح . جلىّ لكل انسان ان الشمس ضرورية ضرورة لازبة لبقاء الحياة على هذه الأرض ، ولكن هذه مسألة أخرى بتاتا .

لم يفت أضعف الناس ملاحظة أن يتنبه فى بعض الأيام الى ما قد نسميه "دورة الحياة" فاننا اذا ابتدأنا بحبة القمح مثلا ، وقد القيت فى التربة ، نراها تنمو نباتا وتحمل حبا يحفظ بعضه عند ما يجف ليزرع فى الأرض كرة أخرى وهكذا . يمكننا فى هــذا المقام أن نفرق بالقول بين الحياة النشيطة وغير النشيطة . ففى الحالة الأولى ينبغى أن يستمر النبات فى التنفس وفى امتصاص الرطوبة والا فانه يموت ؛ أما فى الحالة غير النشيطة فتستطيع الحبة الجافة أن تبقى كذلك بضع سنوات ، ومع ذلك فانها لا تقصر عن التحوّل الى نبات حى عند ما تزرع فى الثرى .

منــذ بضع سنوات ذاعت اشاعة عن بذرة وجدت فى لفافات مومياء مصرية . ظلت البذرة فى حالة غير نشيطة ألوفا من السنين ، وروى يومئذ انه لمــا زرعت هــذه البذرة القديمة أبدت مظاهر الحياة والنمو . على أن هذه الرواية قد نقضت بعد ذلك . والمعتقد أنه كان هناك وجه خطأ فى القول بأن هذه البذرة بعينها قد أنبتت . يقول لك أى زارع إن بذور القمح من شأنها أن تنحط ، ولذلك فانه يؤثر زراعة بذرة عامه الماضى . بل لا شك فى أن البذرة تفقد بعد عهد ما ما تشتمل عليه من الحياة .

وهناك حالة عجيبة ، مؤيدة محققة ، خاصة بجراثيم (Spores) البكتيريا أى بذورها ، هــذه الجراثيم تسلك مسلكا مثيلا جدا بالحبوب الجافة ، فهى تبقى خامدة حتى توضع فى وســط ملائم لنموها . وقد استبقى باستور (Pasteur) بعض الجراثيم ، وبعد ثلاثين ســنة من بقائها على حالة خمود ، وضعها فى وسط ملائم فنمت وصارت بكتيريا .

وفى الديدان بعض أنواع صغيرة يمكن تجفيفها وحفظها مدة طويلة . فى تلك الحالة الخامدة تحسبها ميتة ومع ذلك فانها تصبح حية نشطة عند ما توضع فى المـاء .

بل إن بذور قمح العام المـاضى تلوح فاقدة الحياة كقطعة من القش . فأين الفرق إذن؟قد نحال الحبة الى جميع المواد العنصرية التى تكونها ،ونرى خطة عجيبة فى ترتيب هذه العناصر بحيث تكون على أهبة عند ما تدعوها حرارة الأرض ورطوبتها . نعلم كيف أن البذرة ما تزرع حتى تخرج أذرعا تنزلها فى الأرض لامتصاص الغـذاء ، وأخرى فى الهواء لتتسلم منبهات أمواج الأثير الضوئية والحرارة الاشعاعية ، ولكننا قد نفحص حبة القمح الجافة بكل مالدينا من الوسائل العلمية ومع ذلك لا نجد بهـا جوابا لتساؤلنا عن مورد حياتها .

إذا سلمنا بأنه كانت عندنا حياة بشكل ما على هـذا الكوكب زالت أهم أسباب الغموض ، إذ أنه من الجلى جدا أن الحياة تلد الحياة . واذا صدق انه لا يمكن أن تكون حياة بدون حياة سابقة إذن فكيف نشأت الحياة على هذا الكوكب ؟ كان المرحوم لورد كلڤن يعتقد أن الحياة فى جميع الازمنة والأمكنة ترد من الحياة ولا شىء سواها . ففى خطاب ألقاه هـذا المفكر العظيم على الجمعيـة البريطانية منذ خمسين سنة قال ”قد تلوح النظرية الفرضية القائلة بأن الحياة نشأت على هذه الأرض من قطع طحلبية نامية من بقايا كوكب عالم الآخر ، ضغثا ووهما موحشا ، بيد أن الذى أراه من أمرها انها ليست غير علمية“ .

لمـا وجد الناس فى العهـد القديم ديدانا حية على لحم متحلل طفروا فاستنتجوا ان حياة هـذه الحشرة نشأت من تحلل اللحم . ولكن سرعان ما أثبتت تجارب بسيطة أن هـذه الديدان نشأت

من بيض وضعه الذباب فى اللحم . بل لقد أثبت باستور العالم الذائع الصيت بمساعدة مجهر قوى ان التحلل نفسه مسبب عن وجود كائنات عضوية حية نسميها ميكروبات أو بكتيرياء . هذه البكتيرياء تتكاثر فى الظروف الملائمة بسرعة بالغة، ولكنها مع ذلك تجرى على سنة " أن الحياه تلد الحياة " . ولذلك فاننا اذا خفنا انتقال مرض معد نعقم لبن طعامنا حتى يهلك جميع ما يكون به من البكتيرياء . وعند ما نستحضر لحما من مستعمراتنا القاصية نقاوم بكتيرياء التعفن بتثليجها فلا يمكن أن تنشأ فيها ميكروبات . وعند ما ينقل اللحم من قاعات التثليج لا يمكن أن تنشأ ميكروبات داخلها ولكن الميكروبات ذاتها لا تكون قد قتلت ولذلك فانها تستطيع أن تغزوها وتصيبها من جديد .

وهلاميات اللحم أى مرقة منبت صالح جدا لتربية البكتيريا ولكن اذا كانت هذه المواد تعقم تعقيما تاما وتقفل اقفالا محكما فلا تظهر فيها البكتيريا مطلقا . وقد سمعنا منذ بضع سنين اشاعة مؤداها أن الحياة نشأت فى الهلام المعقم بتأثير الراديوم فيه، ولكن كانت هذه الاشاعة أبعد مما ادعاه صاحب التجربة نفسه . أشير بذلك الى ما عمله بتلر بورك Butler-Burke فانه لا يدعى لتجاربه شيئا أكثر من أنها تهيئ حلقة اتصال بين المادة الحية والمادة غير الحية .

وهناك فكرة محدودة مؤداها أن الحياة نشأت فى البحر . مؤكد أن المكونات الأولية لماء البحر والهواء هى مثل ما فى أجسامنا وأشهرها الأكسيچين والنتروچين والكربون والايدروچين والصوديوم . ومع أن هذا قد يدل على المكان الذى بدأت فيه الحياة الا أنه لايزال يقف بنا دون ادراك أصل الحياة . ومما يلذ أن يلاحظ الانسان فى الاصحاح الأول من سفر التكوين آية نصها

" وقال الله لتفض المياه زحافات ذات نفس حيّة وليطر طير فوق الأرض وعلى وجه جلد السماء " .

ولقد استكشف الانسان شيئا كثيرا عن طبيعة الحياة . فقد كشف المجهر حقيقة أن جميع الأشـياء الحية متكونة من خلايا دقيقة جدا والانسان متكون من تريليونات كثيرة من تلك الخلايا ، بيد أنه توجد أشياء حية متكونة من خلية مفردة فقط . ولكن مم تتكون هذه الخلايا الحية ؟ إنهـا متكونة من مادة تسمى البروتو بلازمة Protoplasm ومعناها المادة الأولية. هذه المـادة معدومة البنية بتاتا وهى متكونة على الاخص من كربون وأوكسيچين وايدروچين ونيتروچين. وقد رأينا أن هذه المواد أهم مكونات أجسامنا . وقد تشبه "البروتو بلازمة" وهى تكوّن الخلايا كالذرات اذ تكوّن الجزيئات ؟ عندنا أصناف من الجزيئات وعندنا أصناف من الخلايا . فانت ترى أن درس المـادة الحية أينما سرنا ليس فى الحقيقة الا درس الطبيعة الكيماوية .

أصبح شيء واحد جليا لنا من درس أبسط الكائنات ، ذلك أنها لا تحرك وتفعل الا بسبب مؤثرات خارجية، أى أنها تردّ فقط وهى تتأثر بالمواد الكيماوية فى بيئتها أو بالاهتزازات فى الهواء أو بالأمواج فى الأثير المحيط . وتنطبق هذه الحقيقة على الانسان نفسه بيد أننـا ركام من الخلايا بالغ التعقد بحيث يصعب تتبع الأفعال الحادثة فيه .

وعلى كل حال فان ما يهمنا فى الوقت الحاضر أنه يجدر بنا لتأثر أصل الحياة أن نقصر التفاتنا على البروتو بلازمة اذ لا يمكن أن يوجد فى المفكرين الصادقين من يشك فى وضع ناموس الارتقاء.

من اتقياء المفكرين نفر قليل لا يرون من الحكمة الجمود على القول باستحالة توليد الحياة فى المعمل. لنفرض لحظة اننا سنوفق لتحقيق هـذا الأمر الذى يلوح مستحيلا . لن يكون الانسان فى هذه الحالة خالقا ، بل انما يكون قد استكشف خطة الخالق العظيم . ألا أن استكشافك الطريقة التى تعمل بها آلة ما أمر يختلف كل الاختلاف عن صنع الآلة نفسها .

فى الوقت الحاضر يضع الانسان مقادير معلومة من عناصر أولية مختلفة ويحميها فيكوّن جزيئات معقدة، بيد أنه لم يخلق هذه المواد . الخلق معناه الايجاد من العدم . فاذا استطاع الكيماوى أو البيولوجى أن يوجد البروتوبلازمة صناعة فلن تتزعزع عقائدنا الدينية بحال من الأحوال .

الباب الثامن عشر

آراء أخرى عن الكهرب

علاقة حقيقية بين بقع الشمس والفجر والزوابع المغناطيسية — الحلقة الرابطة — لماذا ترى أصناف الفجر صوب قطبي الأرض — كيف تأتّى ان أصبحت الأرض ذات شحنة سالبة — الكهربائية الجوية — البرق — ما يجعل الأرض مغناطيسا — الزوابع المغناطيسية — كيف يشع السديم البارد ضوءا — لماذا لا تزيد شحنة الأرض الكهربائية ؟ .

من المدهش أن كلف الشمس ، على ظهوره للعين حفرا مظلمة فى جو الشمس ، هو فى الحقيقة لامع لمعان الضوء الصادر عن فانوس ضوء الجير . فان ضوء الجير فى صدوره عن الفانوس يكون من التألق بحيث لا نطيق النظر اليه مباشرة ولا يمكننا أن ننظر الى الشمس الا خلال زجاجة مسودة .واذا وضع ضوء الجير امام الشمس ونظر هذا وتلك معا خلال زجاجة مسودة لاح الضوء الجيرى كأنما هو بقعة مسودة .

و يختلف عدد البقع التى على الشمس من وقت لوقت والملاحظ أنه قد تمر عدّة أسابيع لا ترى فيها على وجه الشمس بقع ما ،ولها حد أقصى فى وقت تكون فيه البقع أكثر منها فى أى وقت آخر. وتبلغ الفترة بين عهدى حدوث حدين أقصيين احدى عشرة سنة تقريبا . فقد كان يقال لنا منذ مدّة بعيدة إن هذه الاختلافات الحادثة فى بقع الشمس تؤثر فى الحالة المغناطيسية لأرضنا ،وكذلك يختلف عدد تلك الأنواع الجميلة التى ترى من الشفق فى السماء

باختلاف عدد البقع التى على الشمس . بل لقد حاول بعضهم أن يثبت أن هناك علاقة حقيقية بين الاحدى عشرة سنة المتردّدة بين كل حدين أقصيين لبقع الشمس ،و بين تراوح أثمان الغلال فى الأسواق . وعلى كل حال فسنكتفى من العبارتين بأولاهما نتناولها ونبحثها :

أثبتت الملاحظات بوضوح أن أنواع الشفق والاضطرابات المغناطيسية تبلغ حدها الأقصى فى كثرة العدد عند ما تكون بقع الشمس عند حدها الأقصى فى العدد ،وعند مايحدث أى اضطراب استثنائى على الشمس تحدث تأثيرات مقابلة لها على هذه الأرض بمشاهد من الشفق الزاهى والزوابع المغناطيسية الشديدة ، وتكون هذه الزوابع مصادر تعب كثير يعترى أعمال الآلات التلغرافية .

والذى يهمنا فى الوقت الحاضر هو أن نرى أين محل العلاقة بين بقع الشمس وتلك الظواهر التى تبدو على كوكب الأرض . هنا يتجلى الكهرب الكريم علينا بفضله ، اذا صح لنا أن نقول هذا عما لا يرى . الشمس ككل الأجسام الوهاجة تسمح للكهارب بالانطلاق منها ، وانحلال الشمس من العظم بحيث نستطيع أن نتصوّر تيارات متواصلة من الكهارب منطلقة فى الفراغ المحيط ، وتبلغ هذه التيارات أقصاها عند ما تكون هناك انفجارات عظيمة خلال بقع شمسية كبيرة . ولذلك نتخيل حدوث تيار مهبطى (قطبى) هائل من الكهارب صادر من الشمس . نتذكر أن أشعة المهبط (الكاثودية) غير مرئية ولكنا نعرف أنها عند ما تمر فى الهواء المخلخل فيما يسمى بالأنبوبة الفراغية يحدث وهج جميل فى الأنبوبة ، فحق لنا أن ننتظر والحالة هذه أن تحمل ذلك التيار المهبطى العظيم الصادر من الشمس طبقة الهواء العليا المخلخلة من

جوّ أرضنا على التوهج بالطريقة عينها ولكنا نتذكر أننا فى المعمل قد حرفنا التيار المهبطى بواسطة مغناطيس. واذ أن الأرض مغناطيس كبير فانه لا يدهشنا أن نجد أن أشعة المهبط الشمسية تنحرف حتى لا تدخل جوّ المنطقة الحارة بل تهبط بالتدريج صوب قطبي الأرض . هذا هو السبب فى حدوث الاشفاق باستمرار لدى القطبين ويسمى الشفق الذى يحدث صوب القطب الشمالى " بالشفق الشمالى " (Auroraborealis) وما يحدث صوب القطب الجنوبى " بالشفق الجنوبى " (Auroraaustralis) فأنت ترى أن الأرض كرة عظيمة تضربها الكهارب باستمرار وتعرف ان أى جسم به ركام أى زيادة من الكهارب يكون سالب الشحنة، ومن ثم يتأتى لنا حل لما لا بد أنه كان من المسائل المحيرة لكثير منا فى صباه، فلقد كنا نعجب كيف حدث أن الأرض مكهربة كهربة سالبة. هذه الدرة العظيمة — الأرض — المشحونة بالكهربائية السالبة تعطينا معيارا صالحا جدا لتقدير الضغط الكهربائى كما يعطينا سطح البحر معيارا صالحا لتقدير الارتفاع والعمق باعتبار كوكب الأرض فى درجة الصفر من حيث الضغط.

لنا أن نشبه الأرض بخزان عظيم من الكهارب. فاذا وضع جسم به نقص فى الكهارب (جسم مكهرب كهربة موجبة) متصلا بالأرض ففى هذه الحالة يحدث جريان فى الكهارب من الخزان الى الجسم المشار اليه حتى يحدث توازن فى باطن ذراته بين الكهارب وكراتها المحيطة بها من الكهربائية الموجبة . ومن الجهة الأخرى اذا كان هناك جسم به مزيد من الكهارب (جسم مكهرب كهربة سالبة) ووضع متصلا بالأرض فان الجسم المشار اليه يفرغ مزيده من الكهارب الى الخزان العظيم حتى يحدث اتزان فى باطن ذراته .

واذا أخذنا المـاء تشبيها للكهارب فانا نعلم أن المـاء يفيض من الوعاء الذى يكون فوق مستوى البحر الى البحر نفسـه و يفيض من البحر الى الوعاء الذى يكون تحت مستوى البحر .

ولكن بعض الناس قد يقول إن الكهارب التى تطلقها الشمس سيترصدها الجو وهـذا صحيح ، ثم إنها تحلل الهواء الى ايونات ، و بعبارة أخرى إنها تدعو الذرات الموجبة التكهرب والذرات السالبة التكهرب التى تتكون منهـا بعض غازات الجو الى فض ما بينهـا من الشركة . وسنحاول أن نكوّن فى أذهاننا صورة نمثل بها ما يحدث فى الهواء المحلل الى أيونات : يتركز بخار المـاء بسهولة أكثر على الذرات السالبة التكهرب ،ولذلك تتكون منه السحب ، وعندما تسقط هذه السحب نهائيا على صورة مطر فانها تنزل معها الكهارب التى تصيدتها تاركة الهواء الأعلى موجب التكهرب ، وفى هـذا ايضاح معقول لحالة التكهرب التى نجدها فى الجو .

و يمكننا بفضل هـذه الحقائق نفسها أن نرى كيف تصبح السحب فى بعض الأوقات شـديدة الانشحان الكهربائى عندما يزيد فيها مقـدار الكهارب حتى يحدث تفريغ مصحوب ببرق من سحـابة الى أخرى أو بين احدى السحب والخزان الأعظم : الأرض .

وهناك سؤال قد يكون عرض لكثير من مفكرى القراء وهو : كيف أصبحت الأرض مغناطيسا ؟ لا يشك أحد فى أن الأرض مغناطيس ، فان تأثيرها فى الأبر المغناطيسية جلىّ واضح . قد يتعجل أحد فيقول ، اذ يعلم أنه توجد فى الأرض مغناطيسات طبيعية (حجر المغناطيس المعروف) إن وجود هـذه يؤدى

الى صيرورة الأرض مغناطيسا ولكن اذا أمعن المتعجل فى البحث تبين له أن هذا الاستنتاج غير وجيه ، اذ لا يوجد حجر المغناطيس الا فى بقاع قليلة ،ومع ذلك فلا يكون بمقادير كبيرة مطلقا . واذا عرف المستفهم أن خطوط السكة الحديدية وغيرها من القضبان الحديدية اذا وضعت فى مواضع معينة ترى ممغطسة أحيانا بتأثير الأرض فانه لا يميل الى استنتاج أن حجر المغناطيس ليس الا بعض معادن حديدية ممغطسة بالطريقة عينها . فكيف أصبحت الأرض اذن مغناطيسا ؟

حقا إن الأرض كرة عظيمة مشحونة كهربائيا وأنها على الدوام دائرة بسرعة عظيمة على محورها . وعندنا برهان تجريبي على أن كرة توجد فى مثل هذه الأحوال تكون ذات مجال مغناطيسى ضعيف على سطحها . على أنه ثبت بالعمليات الحسابية أن ليس هذا الأمر سبب وجود مجال الأرض المغناطيسى . وأنه لا يعلل إلا جزءا طفيفا من مقدار القوة الموجودة . فالظاهر اذن أن العامل الأكبر فى ذلك إنما هو التيارات الكهربية الجارية فى باطن قشرة الأرض . واذا سئلنا أى ظروف طبيعية تدعو الى حدوث حركة فى الكهارب فى باطن الأرض أتجه فكرنا من فوره الى اختلاف درجات الحرارة فيما له علاقة بالكهربائية الحرارية (Thermo—electricity) . ليس من الضرورى أن يفكر الانسان فى اتصال فلزين مختلفين وتعرضهما للحرارة قصد احداث تيار كهربى ، فانا نعلم أن أى اختلاف فى درجة الحرارة فى نفس الفلز يحدث تحركا فى الكهارب . فى طوقنا أن نقرر دون أن ندخل فى الموضوع تفصيلا ، أن هناك أحوالا تعلل وجود تيار كهربائية حرارية فى سطح الأرض . وفى نفس الوقت يجدر بنا أن نسلم بأن ليس عندنا برهان قاطع على صدق هذه النظرية وان كان فى القول بوجود تيار كهربى فى الأرض تعليل وجيه جدا لمغناطيسية الأرض .

وهناك مسألة واحدة أريد أن أوضحها بصـدد ما سبق . اذا كانت مغناطيسـية الأرض مسببة عن اختلاف درجات الحرارة فى سطح الأرض كان من حق الانسان أن يحكم باختلاف المجال المغناطيسى أثناء النهار . والمعروف جدا أن هذا الاختلاف يحدث فعلا مبتدئا بحد أدنى فى الصباح ثم يرتفع شيئا فشيئا حتى يبلغ حدا أقصى حيال الزوال ثم ينقص تدريجا حتى المساء ثم يبقى ثابتا أثناء الليل .

لا شك أن هـذا التيار الكهربى الحادث فى سطح الأرض من شأنه أن يتأثر تأثرا محسوسا بدنو أى تيارات استثنائية من الكهارب واردة من الشمس الى الأرض . وهنا محل العلاقة بين الزوابع المغناطيسية وانفجارات البقع الشمسية .

وقد فسر بعض العلميين رسائل لا سلكية معينة تلقاها المرقب الطيفى من سـدم عظيمة [١] فقالوا إن السدم المذكورة أجسام باردة ، على أن هـذه الرسائل فى الواقع لم يمكن فهمها . كيف يمكن الجسم البارد أن يعطى ضوءا .

نحن نشاهد الغاز المتخلخل البارد يتوهج فى الأنبوبة الفراغية المعروفة عندما تمر فيها تيارات من الكهارب ، وبما أن الشمس وجميع الكواكب ترسل تيارات الكهارب فى جميع الاتجاهات فى الفراغ المحيط فان بعض هذه الكهارب يستوقفه سديم غازى وفى هذه الحالة أيضا يخرجنا المكهرب من ورطة .

يخيل الىّ فى ختام هذا الباب أن فى القراء من يستشعر صعوبة من استمرار ضرب الأرض بالكهارب اذ يقول حقا إن هـذا الاستمرار من شأنه أن يزيد تكهرب الأرض سلبيا . فما يلذ الانسان أن يعرف كيف لا يحدث هذا .

(١) هذه السدم نوع آخر غير السدم التى تناولناها فى باب سابق وقلنا إنها متكونة من نيازك .

نعلم أن الكهارب لا تنطلق الا من جسم مشحون سلبيا — كالأرض — الى جسم مشحون ايجابيا — كالشمس. وهذا عكس ما كنا نعالجه. ولكن كيف يمكن أن ترسل الكهارب من الجهتين ؟ يحصل هذا بقوتين مختلفتين فقط. تذهب الكهارب من الأرض الى الشمس بفعل الضغط الكهربائى وفرق الضغط بين هذين الجرمين يعادل بليون فولت ولكن الكهارب الواردة من الشمس الى الأرض لا تتحرك بفعل الضغط الكهربائى انما تسير الينا كما رأينا فى باب سابق بفعل الضغط الآلى للضوء. بهذه الطريقة يحدث التوازن و يستمر مرور الكهارب بينهما. وهكذا نرى الكهارب فى النظام الشمسى تتحرك كأنما هى فى رقص دائرى.

الباب التاسع عشر

ما هى الأشعة السينية ؟

هل الأشعة السينية أمواج فى الأثير – كيف استكشفت الأشعة السينية – كيف تستحدث – الفوتوغرافية الجديدة – ما ذا لفت العالم اليها ؟ – ما الذى لا يعد أشعة سينية ؟ – آراؤنا الحديثة عن طبيعتها .

أصبحنا على علم بالأمواج الأثيرية فنعرف أن بعضها يؤثر فى أبصارنا و بعضها يسخن أجسامنا و بعضها يؤثر فى مستقبل التلغراف اللاسلكى ، فى حين أن غيرها مما لا يؤثر فى أبصارنا يعمل فى المواد الكيماوية التى تصنع منها لوحة الفوتوغرافية العادية . كل هذه أمواج كهراطيسية فى الأثير . فهل تدرج الأشعة السينية فى هذا الفريق ؟ اذا كان الأمر كذلك أمكننا أن نعكسها أو نكسرها ونقطبها كغيرها من أمواج الأثير كما رأينا . لقد ساد الاعتقاد فى وقت ما بأن الأشعة السينية لا يمكن أن يجرى عليها شىء مما يجرى على الضوء حتى عكسها ؛ ومنشأ الصعوبة الحقيق أنه لم يكن بين المشتغلين بصنع آلات الابصار من يأمل أن يجلو سطحا ما بحيث يصبح من الملاسة بدرجة كافية لعكس أمواج قصيرة الطول قصر هذه . على أنه توجد بعض سطوح طبيعية ، كما يوجد فى باطن البلورات ، من الملاسة المفرطة بحيث تستطيع أن تعكس الأشعة السينية التى ثبت الآن أنها ضوء .

مما يسهل الأمر علينا أن نتناول بالبحث طريقة انتاج الأشعة السينية ، ومما يلذنا أيضا أن نعلم كيف استكشفت .

لا حاجة بنا الى القول بأنها لم تخترع الا اذا قلنا عن الكهربائية ذاتها كذلك . اذ الواقع أن الأشعة السينية كانت منطلقة من أنابيب فراغية مدى عشرين عاما قبل أن يتنبه الانسان لوجودها .

كان الأستاذ رونتجن (Rontgen) فى سنة ۱۸۹٥ ككثير غيره من كبار علماء الطبيعة ، يجرى تجارب على الأنابيب الفراغية ، وكان قصده أن يتابع تجارب لينارد الذى استطاع أن يقتفى أثر أشعة المهبط خارج أنبوبة الفراغ . ولقد كان لدى الأستاذ رونتجن فى معمل الطبيعيات بجامعة ورزبورج (Wurzburg) فى باقاريا عدة صالحة من الأجهزة الحديثة والوسائل الجيدة لإحداث فراغات عالية الدرجة فى الأنابيب . وتسمى مثل هذه الأنابيب أحيانا ، أنابيب كروكس .

أحاط رونتجن أنبوبة فراغية بدرع من درق مقوى أسود اللون ، ليمنع خروج أى ضوء من زجاج الأنبوبة المتألق تألقا فوسفوريا (Phosphorscing) . استعمل لينارد حائلا متفلورا (Flaroscent) ليقتفى أثر أشعة المهبط وكان بجوار رونتجين حائل مثيل بذلك فى ذلك الوقت ، اذ كانت هذه الحوائل مستعملة منذ جيل فيما له علاقة بالضوء فوق البنفسجى [1] .

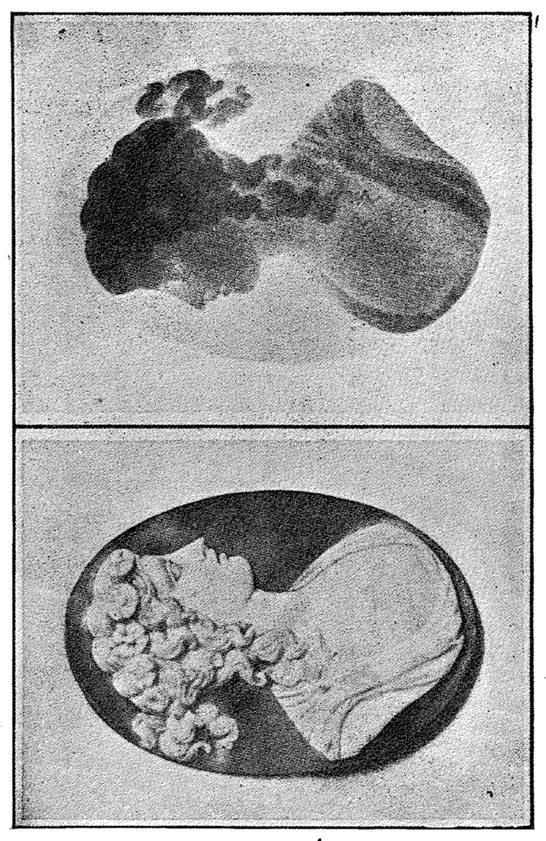
(۱) من المواد ما يستمر فى إخراج الضوء بعد ابعاد القوة المثيرة . وتسمى هذه المواد فوسفورية التألق . ومنها مادة كبريتور الخارصين الذى يستعمل فى الأدهان المضيئة ، ومن المواد ما لا يخرج ضوءا الا ما دام متعرضا للقوة المثيرة ، وتسمى هذه موادمتفلوره ، ومنها بلاتينوسيانور الباريوم ، وكهارب هذه المادة تنعكس بفعل الأشعة فوق البنفسجية القصيرة غير المنظورة ، وكذلك بفعل الاشعة السينية . اذ أن البلورات الكيماوية الدقيقة التى تتركب منها هذه المادة لا تتألق الا ما دامت تلك الاشعة غير المنظورة واقعة عليها .

عند ما أمرّ الأستاذ رونتجن تفريغا كهربائيا خلال الأنبوبة المغطاة لاحظ أن حائله المفلور ، وقد كان ملقى على المنضد ، قد أصبح مضيئا . وقد كان ظاهرا أن هذه الاضاءة لا يمكن أن تثيرها أية موجات فوق بنفسجية لأن الدرع الأسود المحيط بالأنبوبة كان معتما تماما للضوء فوق البنفسجي ، فان ضوء القوى نفسه ، وهو وافر الأشعة فوق البنفسجية يحجبه مثل ذلك الغطاء تماما . ولما سئل رونتجن بعد ذلك عما خطر بباله حين حصلت تلك المشاهدة قال :

"انى لم أفكر يومئذ" بل كنت "أبحث" ،

وقد وجد رونتجن أن تلك الأشعة الجديدة ذات قوة اختراق مدهشة . فقد لوحظ أن كثيرا من المواد المعتمة للضوء — كالخشب والجلد — كانت شفافة بدرجة ما للأشعة الجديدة . كلما كان الجسم أكثف كانت مقاومته لمرور الضوء أكثر ، والشيء الواحد الذى استوجب التفات الجمهور أن هيكل عظم الانسان الحى تمكن رؤية صورته على الحائل المتفلور . ولما وجد رونتجن أنه قد استطاع أن يرى الأثقال المعدنيـة من خلال صندوق خشبى مالت نفسه بالطبع الى أن يرى كيف تبدو كفه اذا صح أنه لم يلحظ من قبل صورة عظام أصابعه عند ما كان يضع بها الأشياء وراء الحائل .

قد يحسن فى هـذه النقطة أن نبحث طريقة احداث الأشعة السينية ، وكذا استعمال الحائل المتفلور وان كانت هذه الأمور فى نظر أغلبنا من المسائل المعروفة . يمرر تيار كهربائى من مركم أو من مركز رئيسى فى ملف تأثير ، ولعل فى الناس من يعرفه أكثر تحت اسم ملف شررى ، وتوصل أنبوبة فراغية خاصة الى طرفى الملف لكى يحدث تفريغ أى شرارة كهربائية بين القطبين



صورة فوتوغرافية بالأشعة السينية لتيمة حجرية محفورة

ترى على اليسار صورة فوتوغرافية عادية لتيمة «شاخص» حجرية محفورة . أما الصورة اليمنى فهي فوتوغرافية مأخوذة بواسطة الأشعة السينية عن نفس التيمة . وفي هذا دلالة على أن الأشعة غير المنظورة قد اخترقت جسم التيمة ووصلت الى اللوحة الفوتوغرافيـة تحتها . ويرى من كثافة الظل أن الأجزاء المختلفة في جسم التيمة قد أبدت مقاومة مختلفة الدرجات للأشعة المخترقة .

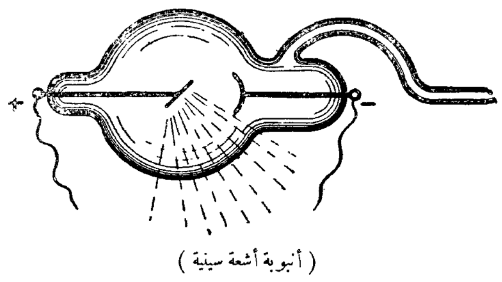
فى الأنبوبة . ويشاهد فى الرسم المرافق أن المهبط على شكل الصحن وذلك ليركز التيار المهبطى على هدف معدنى موضوع حيال مركز الأنبوبة . وقد يكوّن هـذا الهدف أو لا يكوّن قطب الأنبوبة الآخر. على انا لا نريد أن نشغل أنفسنا هنا بالتفاصيل اذ كل قصدنا أن نعرف ماذا يحدث الأشعة السينية .

عند ما يمر التيار الكهربائى خلال الأنبوبة يقع سيل الكهارب على الهـدف المعـدنى وبعملها هـذا تحـدث فى الأثير رشاشا حادا مفاجئا . وقد اعتبرت هذه فى أول الأمر أمواج أثيرية ، وظن بعضهم أنها أطول من الامواج فوق الحمراء infrared وظن غيرهم أنها أقصر من الأشعة فوق البنفسجية ، ثم أغفلت لمدة ما الفكرة القائلة بأنها قطار منتظم من الأمواج ولكن بين يدينا الآن من الأدلة التجريبية أن الأشعة السينية هى فى حقيقة الأمر أمواج أثيرية ذات طول موجى قصير جدا .

يوضع الهدف الصغير الموجود داخل الأنبوبة منحرفا بزاوية بحيث أنه عند ما تضرب به الكهارب يحدث للنبضات الأثيرية أى الأشعة السينية انحراف على جانب الأنبوبة كالذى يشير اليه الرسم .

أما الحائل المتفلور فالبلورات الدقيقة من مادة بلاتينو سيانور الباريوم موجودة على أحد جانبيه وظهر الحائل مغطى بقماش بطانة سوداء ، ومتجه صوب الأنبوبة حتى تقع الأشـعة السينية على البطانة السوداء ، وهى لا تبدى لمرورها مقاومة تذكر . تخترق الأشـعة رق الحائل وتدعو السـطح الكيماوى الى التألق . فاذا وضعت الكف منبسطة على ظهر الحائل فان الأشعة تخترق اللحم منها بسهولة أكثر من اختراقها العظم ، ولذلك ترى عظام الكف على الحائل . ولا داعى هنـا للكلام عن عظم قيمة اسـتكشاف رونتجن فى الجراحة .

ولم يتأخر رونتجن عن تجربة تأثير هــذه الأشعة الجديدة فى اللوحات الفوتوغرافية، ومن ثم أخذت الدنيا على عجل تتكلم عن الفوتوغرافية الجديدة، فان فكرة أخذ صورة فوتوغرافية لهيكل عظم الانسان الحى على لوحة فوتوغرافية عادية وعمل ذلك فى الظلام حتى بدون فتح الزجاجة المعتمة أو الظرف المحيط باللوحة الحساسة كان فى الواقع أمرا يستوجب الكلام . فى الرسم المقابل لصفحة (٢٣٤) صــورة فوتوغرافيــة عادية لتميمة بارزة Cameo أى مصورة بارزة الحفر وبجانبها صورة راديوغرافية مأخوذة بواسطــة



(أنبوبة أشعة سينية)

يمثل هذا الرسم شكلا بسيطا لأنبوبة رونتجن . يمر تيار الكهارب أى التيار السالب من المهبط (—) الى القطب (+) ونتصور الكهارب منطلقة من المهبط بقوة عظيمة وبما أن المهبط على شــكل جفنة فسيتركز التيار فى اتجاهه على الهــدف الذى يرى موضوعا على زاوية . وعند ما يوقف الهدف الكهارب بغتة يحدث نوع من الرشاش أو النبض فى الأثير المحيط ، كما هو مبين بالخطوط المقطعــة والاضطراب الأثيرى هو المعروف بأنه أشعة رونتجن ، التى شرحنا خواصها فى صلب الكتاب .

الأشــعة السينية . ومنها نرى كيف أن الاشعة السينية اخترقت بعض أجزاء التميمــة البــارزة بسهولة أكثر من اختراقها الأجزاء الأخرى .

والذى يعنينا فى الوقت الحاضر هو الآراء الحديثة الخاصة بالأشعة السينية . لقد أصبح علماء الطبيعة يألفون أشعة المهبط أى تيار الكهارب وأشعة لينارد التى هى فى الحقيقة الأشعة المهبطية التى انطلقت مخترقة نافذة الألومينيوم فى الأنبوبة . ولقد رأينا فى باب سابق قيمة تجربة لينارد لدى المشتغلين بالعلوم ، بيد أنها تلوح عديمة الأهمية لدى من نسميه الرجل العادى ، بل إنه ما كان ليهتم باستكشاف الأشعة السينية لولا ما هزهم من امكان رؤية صورة فوتوغرافية لهيكل العظم الحى .

يتذكر الكثيرون منا الاهتمام العظيم الذى أثاره هذا الاستكشاف والآراء المبالغ فيها التى تخيلها الكثيرون ، فانهم اذ لم يعرفوا كيف تستحدث الأشعة السينية أخذوا يصورون فوتوغرافى المستقبل واضعا آلة التصوير خارج غرفة وآخذا والجدار حائل فى تصوير الهياكل العظيمة الحية لمن بالغرفة . أتذكر صورة لطيفة رسمها أحد تلاميذ جامعة جلاسجو جعل فيها الصورة الفوتوغرافية المأخوذة بالأشعة السينية تبين حركات أربعة من الطلاب فى غرفة ، وقد دلت هياكلهم العظيمة على أنهم كانوا جالسين حول مائدة يلعبون الورق وأمامهم عديد من زجاجات الخمر وأكواب الشراب .

الباب العشرون

كيف استكشف الراديوم

مبالغة الجمهور فى تقدير الراديوم — ماذا أدى الى استكشاف مدام كيورى العظيم — تجربة روسية — استكشاف بيكرل أشعة الأورانيوم — مماثلة الحوادث فى استكشاف داجير — هل أشعة الأورانيوم مثل الأشعة السينية ؟ — عمل مسيو ومدام كيورى — اهتمام الجمهور بالراديوم — التأثيرات الفسيولوجية — فعل المرقب الشررى — الحرارة التى يشعها الراديوم — التأثيرات الفوتوغرافية — مولد الراديوم .

يخيل الينا كأن لم تمض الا ليلة على استكشاف الراديوم فاننا نتذكر بتمام الجلاء يوم أظهرت مدام كيورى زوجة المرحوم الأستاذ كيورى من باريس هذا العنصر الذى قضى ملايين السنين دفينا فى الدنيا .

ومع أن هذا الاستكشاف العظيم تم فى سنة ١٨٩٨ فان الجمهور لم يهتم به الا بعد بضع سنوات ، فقد ذاع يومئذ ان ذلك العنصر الجديد سيحدث انقلابا فى الحياة الدنيوية العملية . قيل إن كل الوسائل المستعملة لاستحداث الطاقة والقوة ستذهب ضياعا ، وأن جميع الأمراض المستعصية ستشفى وان آساس العلوم الفوسيقية ستنهدم عن آخرها . ولقد كان هذا كافيا فى اثارة روح الاهتمام لدى الناس ، ولكن لايغرب عن الفكر أن جمهور العلميين لم يشترك فى تلك التنبؤات ، اذ الواقع أن رجال العلم — كما سنرى — كانوا على علم بالأجسام ذات القوة الاشعاعية (Radeo - active) قبل استكشاف الراديوم وان كانت تلك المواد السابقة أقل نشاطا من الراديوم بكثير . ولقد قال سير أوليفر لودج يومئذ فى صدد هذا الموضوع ما يأتى "لا تعد الحقيقة المجردة شيئا ،

أو تعد شيئا قليلا ، حتى تابث ثوب نظرية . فقد تولد الحقيقة أحيانا قبل أن تعد لها ملابسها . وقد يعد المهد والكسوة قبل أن تولد الحقيقة والراديوم فى هذا الطرف من القضية ، فلا ينبغى أن تظل حقيقة خاصة بالراديوم فى العراء والبرد لعدم وجود المأوى النظرى" .

لا يعثر رجال العلم بالاستكشافات مصادفة ، اذ توجد دائما سلسلة من الحقائق تهدى الى كل استكشاف ، ولذلك يهمنا أن نرى ماذا هدى الى ابتعاث الراديوم . لايظن الانسان أن قد كانت هنالك علاقة بين استكشاف سير و يليام كروكس لأشعة المهبط المستحدثة فى أنبوبة فراغية و بين استكشاف الراديوم . على أن هناك صلة نسب مباشرة بينهما . وكذلك نستطيع من الطرف الآخر أن نتقصى سلسلة نسب استكشاف كروكس المشار اليه الى أول العهد بدلك قطعة من الراتنج فى العصور الخالية .

سبق لنا أن رأينا أن تجارب كروكس أدت الى استكشاف الأشعة السينية ، وقد أدت قدرة هذه الأشعة غير المنظورة على التأثير فى اللوحة الفوتوغرافية بآخرين الى محاولة معرفة هل هذه المواد المتألقة تألقا فوسفوريا لا تستطيع أن تخرج اشعاعات غير منظورة مماثلة . ولكن أى صلة موجودة بين المواد الفوسفورية التألق والأشعة السينية ؟ ان الأشعة السينية تدعو زجاج الأنبوبة التى تحدث فيها الى التألق الفوسفورى ، وهى كذلك تثير هذا التألق فى كثير من الجواهر والبلورات الكيماوية .

نحن جميعا على شىء من العلم بالمواد المتألقة فوسفوريا . نعلم أن الادهان المضيئة التى تشتمل على كبريتور الكلسيوم أو كبريتور الخارصين تتألق فى الظلام مدة ما اذا كان قد سبق لنا تعريضها

لضوء الشمس مدة ما. ولقد أمكن بالتطبيقات العملية لهذه الادهان الوضاءة وضعها على صناديق علب الثقاب حتى تشرق فى الظلام وتدل على مكانها . ومنا من يكون فى صغره قد مسح وجهه ويديه بقليل من نقط الزيت الفوسفورى ليمثل عفريتا حيا .

وقد خطر لأحد علماء الفوسيقى الروسيين أن يجرب : هل يؤثر كبريتور الكلسيوم المتألق فوسفوريا فى لوحة فوتوغرافية من وراء صفيحة رقيقة من الالومينيوم بنفس الطريقة التى استطاعت الأشعة السينية أن تؤثر بها ؟ المعروف أن الفلزات كلها معتمة للأشعة السينية ولكن تكاد صفيحة رقيقة من الالومينيوم تكون شفافة لهذه الأشعة . ولقد عمل ذلك المجرب الروسى ، وكان اسمه نيونجلوسكى (Niewenglowski) وهو اسم يبدو غريبا لنا التجربة البسيطة الآتيــة :

غطى لوحة فوتوغرافية بصفيحة رقيقة من الألومينيوم ، ووضع على هذه اللوحة المعدنية بعض المادة الفوسفورية التألق فوق مربع صغير من الزجاج ، وترك هذا الجهاز فى الظلام مدة يوم وليلة ، وعند ما عالج اللوحة الفوتوغرافية كيماويا وثبتها وجد عليها صورة المربع الزجاجى الصغير الذى كانت عليه المادة الفوسفورية التألق ، وثبت لديه بالبرهان القاطع أن أشعة غير منظورة قد اخترقت لوحة الالومينيوم الرقيقة . وبزيادة الامعان فى الفحص اتضح أن الأشعة التى اخترقته لم تكن أشعة سينية لأن لوحة الزجاج كسرتها كما اتضح ذلك عند حوافها . هذه الأشعة تشتمل على أشعة من الضوء شديدة الاختراق وهى لاتهم القارئ العادى الا من حيث اعتبارها درجة فى السلم بين استكشاف أشعة رونتجن واستكشاف الراديوم على يد مدام كيورى .

وقد خطرت نفس الفكرة القائلة باحتمال وجود علاقة ما بين الاشعة السينية والتألق الفوسفورى للأستاذ بكريل الباريسى (Becquerel) فقد جرب التأثير الفوتوغرافى لكل مادة فوسفورية التألق خطرت بباله فوجد أثناء تلك التجارب أن بعض أملاح الأورانيوم كانت شديدة النشاط فى بعث تشععات تؤثر فى اللوحة الفوتوغرافية. والغريب من الأمر أن هذه الأملاح الأورانيومية لم تكن لتستحق أن تسمى فوسفورية التألق بتاتا . لأنها لا تخرج أشعة بعد رفع ضوء الشمس عنها إلا لجزء صغير من الثانية فى حين أن الادهان المضيئة لا تفتأ تتألق ساعات عدة بعد تعرضها لضوء الشمس . فالانسان العادى ما كان يتردد فى اخراج هذه الأملاح من حظيرة المتألقات دون أن يسمح بتجربتها بتاتا ؛ ولكن بكرل رغب فى أن يسمح لها بتجربة صالحة، ولذلك أعد لها العدة اللازمة حتى يعطى لها فرصة التأثير ان استطاعت فى لوحة فوتوغرافية فى حين كانت هذه الأملاح معرضة باستمرار لضوء الشمس. ولذا أعدّ لوحة فوتوغرافية فى ظرف محكم لا يسمح بنفوذ الضوء بتاتا ، ووضع هذا الجهاز فى ضوء الشمس وعليه بعض بلورات من أملاح الأورانيوم منشورة على الظرف الأسود المذكور . وعند ما غسل اللوحة الفوتوغرافية وكشفها وجد أن الأشعة غير المنظورة قد اخترقت الظرف ووصلت الى اللوحة وأحدثت عليها صورة البلورات الأورانيومية .

وهيأ بكرل تجربة ثانية ، وفى هذه المرة وضع صليبا معدنيا بين أملاح الأورانيوم والظرف المعتم الذى يغطى اللوحة الفوتوغرافية. وقد اعتزم أن يعرض ذلك لضوء الشمس عدة ساعات كما فعل فى التجربة الأولى ، ولكن حدث لحسن الحظ أن اختفى ضوء

الشمس فى الوقت الذى لاحت الحاجة اليه على أشدها . وكأنما كان فى التجربة عفريت مستتر ، فانه ترك هذه التجربة جانبا ، وقد تركها كما هيأها ونوى أن يعرّضها تعريضا تاما عند ما تكون الشمس على حالة أصلح ، ولكنه لسبب ما غسل اللوحة الفوتوغرافية بعد أن ظلت ثابتة فى مكانها من غير تعريض جديد كانت دهشته بالغة لأنه وجد صورة الصليب المعدنى على اللوحة .

لا يمكن أن يكون هذا قد حدث أثناء فترة الزمن القصيرة جدا التى تعرضت فيها أملاح الأورانيوم لضوء الشمس ، فهل كان التأثير الفوتوغرافى جاريا بغير تأثير الشمس المثير فى أملاح الأورانيوم؟ سؤال لم تمكن الاجابة عليه الا باعادة التجربة كرة أخرى بغير واسطة الشمس مطلقا . عمل بكرل هذه التجربة وحصل على النتيجة بعينها فى الظلام . اذن لم تكن الأشعة غير المنظورة ناشئة عن خاصة التألق فى المادة بتاتا . فلا شك اذن فى أن هذه الأشعة الأورانيومية غير المنظورة شىء جديد بحت .

وفى اعتقادى أنه يجدر بنا على ذكر ذلك ، أن نشير الى التماثل بين هذه الحالة واستكشاف الفوتوغرافية العملية على يد داجير (Daguerre) فانه اذا أعد سطح لوحة من الفضة المصقولة بتعريضها لبخار اليود هيأ آلته التصويرية قصد تعريض اللوحة لضوء الشمس بضع ساعات على أمل الحصول على صورة ، وعند ما تهيأ كل شىء للعمل اختفت الشمس ، ولذا وضع داجير لوحته المصقولة جانبا فى خزانة مواده الكيمياوية على نية أن يعيد التجربة اذا عادت الشمس . تصوّر مقدار دهشة داجير عند ما ذهب ليستخرج اللوحة من الخزانة فى صباح الغد فوجد عليها صورة كاملة . لقد كان واضحا أن نفس التعريض القصير المدة قد طبع صورة خفية على اللوحة ، وأن بخار بعض المواد الكيمياوية الموجودة فى الخزانة

قد كشف الصورة المنظورة. وقد وجد داجير من تجارب أجراها أن العامل الفعال فى الموضوع كان بخار الزئبق ، وبهذه الطريقة استكشفت الفوتوغرافية العملية . هذان الاستكشافان : استكشاف داجير ، وبكرل ، وقد حدث كلاهما فى باريس ، هما حالتان متوازيتان مما يسمى الاستكشاف بالمصادفة .

وقد كان ظاهرا أن "أشعة بيكرل" التى تبعثها أملاح الأورانيوم كانت مستقلة تمام الاستقلال عن المؤثرات الخارجية . ولزيادة التأكد جهز بكرل أملاحا أورانيومية من محلول فى الظلام ، ووجد أنها تؤثر فى لوحة فوتوغرافية دون أن ترى هذه الأملاح ضوء النهار واذ تقادم الوقت ثبت أن أملاح الأورانيوم دائمة الفاعلية لا تفقد شيئا ببعثها تلك الأشعة. ولكن هل هذه التشععات عين الأشعة السينية ؟

فى المبدأ لاحت أشعة بكرل كأنها ليست الا أشعة سينية ومع ذلك فلو ثبت أن هذا هو الواقع لكان الاستكشاف عظيما. رونتجن أنتج الأشعة السينية صناعة فى المعمل. كانت هذه الأشعة نتيجة طاقة كهربائية محدودة واردة من ينبوع معلوم ، فاذا وجدت مادة طبيعية تخرج أشعة سينية باستمرار دون أن يستعان على ذلك بمدد من الخارج فلا غرو أن يكون استكشافها أعظم خطرا بما لا حدّ له من وجهة النظر العلمية .

وجد بكرل أن هذه الأشعة الأورانيومية ، التى سميناها بالنسبة اليه ، تستطيع أن تفرغ جسما مكهربا كما تفعل الأشعة السينية سواء بسواء . فان أشعة الأورانيوم تستطيع أن تخترق نفس المواد التى تخترقها الأشعة السينية. وقد اتضح فى أول الأمر من التجارب الأخرى أن الاشعاعات الصادرة من أملاح الأورانيوم لم تكن

الا أشعة سينية ، ولكن سنرى أن الأملاح تبعث ما هو أكثر من الأشعة السينية . ولكن مهما يكن من الأمر فانه لا يحسن بنا أن نغفل الأهمية الأولى لاستكشاف بكرل وهو أن مادة فى حالتها الطبيعية تنتج باستمرار تشععات غير منظورة .

ولقد كان من الطبيعى أن يعمد غيره من المجربين الى اجراء أبحاث لمعرفة هل توجد مواد أخرى تفعل فعل الأورانيوم — الذى هو على ذكره أثقل العناصر جميعها — فاختط الأستاذ كورى (Curie) وزوجته خطة بحث مهمة جدا قصد التأكد من أن القوة الاشعاعية مسببة عن الأورانيوم نفسه وليست عن شوائب ربما تكون فيه . وحينما كانا يجريان تجارب عن عينات مختلفة من البتشبلند (Pitchblende) وهى مادة معدنية يستخرج منها الأورانيوم ، وجدا أن بعض العينات كان أشد قوة اشعاعية من الأورانيوم الخالص نفسه . فأثبت هذا أن خواص القوة الاشعاعية لمادة البتشبلند لم تكن مسببة عن الأورانيوم نفسه . وعلى ذكر هذا نبدى أنه ثبت بعد ذلك أن الأملاح الأورانيومية النقية الحديثة لم تكن ذات قوة اشعاعية ، ثم وجد بعد ذلك بمدة أن هذه الأملاح أصبحت بمضى الزمن ذات قوة اشعاعية ، ولكن يحسن بنا أن نتبع المرتقى خطوة فخطوة .

عزم الكيوريان أن يتعقبا أثر ذلك الشيء الذى كان يحدث ظاهرة القوة الاشعاعية ، ففصلا بطرق كيمياوية معروفة مختلف مكونات البتشبلند . ومما تلذ القارئ ملاحظته أنهما كانا واثقين أن المادة الفعالة الحقيقية التى كانا يبحثان عنها ليست فى أملاح الأورانيوم نفسه لأنهما أخذا يجربان على نطاق واسع تجاربهما على بقايا البتشبلند الذى استخرج منه الأورانيوم لأغراض تجارية مثل تلوين الزجاج البوهيمى .

وقد وضعت الحكومة النمساوية أطنانا عدة من هذه البقايا تحت تصرف الكيوريين وكانا قد أقاما معملا لتكريرها بظاهر مدينة باريس .

لم تكن فكرتهما أن يستخرجا منه عناصر ذات قوّة اشعاعية بمقدار تجارى فقد كان واضحا جاليا أن المادة المحدثة لهذه الظاهرة ذات القوّة الاشعاعية لا بد أن تكون فيه بمقدار قليل جدا . وبعد اجراء تحليل كيمياوى مجهد استطاع الكيوريان أن يفصلا ثلاث مواد مختلفة ذات قوّة اشعاعية ، بيد أن واحدا من هذه العناصر كان مقداره أكبر من الاثنين الآخرين اذا صح للانسان أن يستعمل كلمة مقدار وصفا لهذه المواد ذات القوّة الاشعاعية فان فى استطاعتك أن تحمل مقدار ما استخرج من ثمانية أطنان من البتشبلند من المنتجات ذات القوة الاشعاعية على سطح قطعة من ذات الثلاث بنسات ، وقد سمّت مدام كيورى أهم هذه المنتجات الفاعلة بالاشعاع "راديوم" .

لم تكن هناك نسبة وجيهة للمقارنة مطلقا بين قوّة الأورانيوم الاشعاعية وقوّة الراديوم ، فقد قدّرت قوّة الراديوم فوجدت أقوى من قوّة الأورانيوم بمليون أو مليونى مرة . وقد أعطت هذه القوّة الاشعاعية البالغة فى العظم رجال العلم الطبيعى فرصة أعظم وأقوى للبحث عن حقيقة ماهية هذه التشععات .

والشيء الذى لاح أنه لفت الجمهور هو فداحة الأثمان التى طلبت من راغبي الحصول على عينات نماذج من الراديوم ، ولكن لا محل للعجب من ارتفاع ثمنه اذا راعى الانسان عظم مقدار الجهد والمشقة المبذولين فى استخراج الراديوم . اذا قيل للرجل العادى إن الراديوم يوازى فى ثمنه ثلاثة آلاف مثل ثمن الذهب

أخذه العجب طبعا ولكن لا شك فى أنه ييأس من أمره اذا قيل له إن مقدار الراديوم فى مادة البتشبلند أقل من مقدار الذهب فى محلول من ماء البحر .

ومما هم الجمهور من أمر الراديوم كونه ذا تأثير بيّن فى جسم الانسان فقد استكشف الأستاذ بكرل هذا الأمر لأذى حصل له ، ذلك أنه كان يحمل عينة صغيرة من الراديوم فى علبة وضعها فى جيبة صدريته حينما أتى الى لندن ليلقى محاضرة فوجد فى غضون نصف شهر أن اللحم الواقع تحت جيبه أخذ فى الاحمرار ثم عقبه نشوء قرحة مؤلمة استغرق علاجها أسابيع عدّة . ولاحظ الأستاذ كيورى أيضا أن يديه قد أصيبتا بشىء من ذلك بعد القائه محاضرة فى المعهد الملوكى بلندن كان فى أثنائها يتناول بيديه بعض الراديوم . على أن هذا لا يعد مدهشا مطلقا اذا نحن راعينا التأثيرات الفيسيولوجية المعروفة التى تحدثها الأشعة السينية . وعلى كل حال فقد وقر فى نفس الرجل العادى أن وقد وجد فى الراديوم دواء لكل داء .

ولقد كان كل امرئ فى غضون السنوات الأولى من القرن الحالى مهتما بالراديوم . واذا تكلمنا عن الراديوم فنحن نعنى أملاحه وان كانت مدام كيورى قد استطاعت أن تستخلص مقدارا ضئيلا من المعدن الخالص . وفى استطاعتنا الحصول على ذراته مشتركة مع ذرات كلورين ومكونة كلورور الراديوم أو مع ذرات برومين ومكوّنة برمور الراديوم . وتبدو هذه الأملاح شبيهة جدا بملح الطعام غير أنها تخرج فى الظلام ضوءا ضعيفا جدا . والتأثيرات المضيئة التى ترى فى المرقب الشررى (Spinthariscope) الذى يبيعه صناع آلات الابصار مسببة عن تشععات من الراديوم تضرب حائلا فوسفورى

التألق . ولكن كيف يستطيع باعة آلات الابصار أن يبيعوا آلات تشتمل على مثل مادة الراديوم الغالية ببضع شلنات ؟ انما نفهم هذا ببحث تركيب الآلات نفسها . هذه اللعبة العلمية التى اخترعها سير وليام كروكس تشتمل على أنبوبة قصيرة من النحاس الأصفر — الشبه — ركبت فى أحد طرفيها عدسة مكبرة وفى الطرف الآخر سائل صغير فوسفورى التألق ، وتثبت أمام هذا الحائل ملاصقة له قطعة من السلك الدقيق سبق أن غمست فى محلول من أملاح الراديوم . ويكفى المقدار الضئيل جدا من أملاح الراديوم العالقة بالسلك لإحداث اصطدام عنيف جدا على الحائل ، والتأثير يبدو ، كما لا بد أن يكون الكثير من القراء قد شاهدوا ، كأنما هو بحر مضطرب من الضياء . وقد شبهه بعضهم ببركة ملأى بالحباحب أو شهب متساقطة فى ليلة صافية ، ويقول غيرهم عند ما ينظرون فى المرقب الشررى إنهم يرون رشاشا من الضوء فى مركز الحائل وشررا صوب حافته .

وكلما بدا للانسان أن يأخذ مرقبا شرريا وينظر فيه يرى اصطداما مستمرا حادثا . ولقد يخيل الى الانسان أن هذا الشرر يقول للناظرين « يأتى الناس ويمضى الناس أما نحن فنبقى الى الأبد » بيد أنا سنرى أن قولة « الى الأبد » هذه لا يمكن أن تستعمل الا بنوع من التجوز الشعرى .

قبل البحث فيما تشتمل عليه تشععات الراديوم هذه يحسن بنا أن نلاحظ خاصة أخرى بينة من خواص هذا العنصر الحديث الاستكشاف .

اذا كان مرئى ما قائما فى غرفة على درجة حرارة أعلى من درجة الهواء المحيط بها ، نعرف أن هذا المرئى قد سخن بواسطة من الوسائط الصناعية ، واذا رأيناه يبرد بالتدريج نعرف أن مصدر الحرارة قد

أزيل ولكن اذا وجدنا أنه محتفظ بدرجة حرارة أعلى من درجة المحيط ، نعرف أنه متصل بينبوع ما للحرارة وبعبارة أخرى نعرف أنه يمد بالطاقة. قد يكون ينبوع الحرارة بالطبيعة فى باطن المادة ويكون مسببا عن تغيرات كيماوية جارية فيها . فأجسامنا دافئة مثلا بسبب ما يجرى فيها من التغيرات الكيماوية . وكل منا عليم بتغيرات درجة الحرارة فى جسمه بسبب زيادة النشاط الكيماوى العادى أو نقصه . أما فى الأجسام الخامدة فان هـذه الدرجات الحرارية المختلفة تكون مسببة عن نوع مؤقت من التغير الكيماوى فيها . ولكن ظهر أن الراديوم يناقض هذه القاعدة ، فهو يظل أسخن مما يحيط به بدرجتى حرارة ، وانما كان ذلك بسبب انفاق طاقة باطنية كما سترى فى الباب الآتى .

شاهدنا التأثيرات الفوتوغرافية لأملاح الأورانيوم ، فلا غرو أن تكون أملاح الراديوم أشد وأنشط فى هذا الصدد فقد أمكن الحصول بواسطة تشععات الراديوم على صور راديو غرافية واضحة جدا .

يستطيع من يشتهى أن يرى طيف الصوديوم أن ينال بغيته بالنظر اليه فى مرقب طيفى ، اذ يكفى الانسان لذلك أن يحرق قليلا من ملح الطعام ويرقب لهبه . أما الراديوم فقليل منا من يؤمل أن يرى طيفه اذ أنه من غلو الثمن بحيث لا يصح تناوله بهذه الطريقة . على أنهم قد أنتجوا طيف الراديوم ، وهو بالطبع متميز عن طيف كل عنصر آخر معروف .

لقد كنت جعلت «مولد الراديوم» عنوانا لهذا الباب ، ولكنى أشفقت أن ترتد النظرة العجلى بالظن أن الراديوم ولد سنة ١٨٩٨ وعلى كل حال فسنرى طائفة من الحقائق خاصة بمولد الراديوم فى غضون الأبواب التالية .

الباب الحادى والعشرون

ما هى الأشعة المنبعثة من الراديوم ؟

رواد البحث الأول – استكشاف خطير — أنواع ثلاثة من الأشعة — خواص كل منها — طبيعتها — أقصى سرعة عرفت للجسيمات المادية — مصدر حرارة الراديوم — انطراد الجسيمات المادية من الراديوم بكثرة هائلة — القوة الإشعاعية المعدية — غاز منبعث من الراديوم — تجربة رائعة — إسالة ما لا يرى — اختفاء غاز الانبعاث .

عرفنا فى الباب السابق خواص الراديوم ، بيد أنه مما يهم فى الموضوع على وجه التخصيص أن نرى مم تكوّن أشعة الراديوم فعلا . رأينا أن أشعة الأورانيوم تبدو شديدة المماثلة للأشعة السينية ولكن أصبح أسهل علينا بعد اذ استكشفت تشععات الراديوم التى هى أفعل من تلك بكثير أن نختبر طبيعة الأشعة .

كنا حتى هذه النقطة نكاد نقصر بحثنا على عمل علماء الطبيعة الفرنسيين واليهم وحدهم تقريبا يسند شرف هذا الاستكشاف العظيم للقوة الإشعاعية . أما الآن فقد وصلنا الى كشف الغطاء عن السر ، وفى هذا يفخر الانكليز بأن مواطنيهم كانت لهم اليد الطولى فقد كان الأستاذ روثرفورد (Rutherford) ومستر سودى (Soddy) فى مدينة مونتريال (Montreal) ثم سير وليام رامساى ، ومستر سودى بعد ذلك فى لندن من الروّاد الذين تفحصوا طبيعة هذه القوة الاشعاعية .

فى بادئ الأمر جرى على يد روثرفورد استكشاف مهم جدا ، ذلك أنه وجد أن هناك ثلاثة تشععات مختلفة ، ومميزة ، تنبعث معا فسماها بأوائل الأبجدية الأغريقية : ألفا (Alpha) و بيتا

(Beta) وجاما (Gamma) ثم وجد أن أشعة "ألفا" ذات قوة اختراق صغيرة جدا ويمكن وقفها بصفحة من الورق، وفى حين أن أشعة "بيتا" تستطيع أن تخترق صفيحة رقيقة من الألومينيوم تحتاج أشعة "جاما" الى صفيحة سميكة نوعا ما من الصلب أو الرصاص لوقف سيرها . واذا نظرنا الى هذه الخاصة الاختراقية وحدها نستطيع أن نكوّن فكرة صالحة جدا عن طبيعة هذه الأنواع الثلاثة المختلفة من الأشعة .

اذا ابتدأنا بأشعة جاما كان جديرا بنا أن نظن أن هذه الأشعة يلزم أن تكون أشعة رونتجن بسبب شدّة قوّتها الاختراقية . ثم اذا تذكرنا تجربة الأستاذ لينارد ونافذة الألومينيوم التى انطلقت منها الجسيمات المهبطية كان جديرا بنا أن نقول إن أشعة بيتا هى بعينها تلك الكهارب المعروفة جدا إذ أنها هى أيضا قد استطاعت أن تخترق صفيحة رقيقة من الألومينيوم ، ومع ذلك تقفها صفيحة من الفلز الذى تستطيع أشعة رونتجن اختراقه . اذن فلم يبق أمامنا للبحث الا أشعة ألفا ، وجدير بنا أن نخمن أنه يلزم أن تكون ذرات غير منظورة من المادة اذ أنها تعجز عن اختراق شىء حتى ولا صفيحة من ورق الكتابة .

اذا وصلنا الى النتائج المتقدّمة نجد أنه لاسبيل لنا الى تغيير آرائنا ، فقد أيدها باحثون آخرون ولم يبق الا قليل من الشك فى طبيعة تلك التشععات الثلاثة .

اذا كانت أشعة جاما هى أشعة رونتجن فعلا فهى جديرة أن تؤثر فى لوحة فوتوغرافية بمرورها فى أشياء معروفة بشفوفها للأشعة السينية ، وقد دلت التجربة على أنها كذلك ، وجديرة أيضا أن تفرغ جسما كهربائيا كما تفعل الأشعة السينية ، وهذا أمر تفعله

أيضا . واذا كانت أشعة جاما أشعة سينية فلن تنحرف بواسطة أى مجال مغناطيسى كما عجزنا عن زحزحة الأشعة السينية . وهذا الاختبار أيضا مثبت للرأى . وعليه فاننا نثق بأن أشعة جاما التى يبعثها الراديوم هى فى الواقع أشعة رونتجن المشهورة . ولكن كانت معرفتنا السابقة عن الأشعة السينية أنها تحدث بالوقوف الفجائى للكهارب الطائرة . وتقول لنا النظرية إن الأشعة ممكن استحداثها أيضا ببعثها بجأة . وصعوبتنا فى العمل هى فى أننا لا نستطيع أن نبعثها بمفاجأة كافية لاحداث تفجر فى الأثير، ولكن اذا كانت أشعة بيتا كهارب حقيقة واذا كانت تنبعث بمفاجأة كافية فاننا نستطيع أن نعلل وجود الأشعة السينية، ولكنا سنرى أن هذين الشرطين سيزولان فى الفقرة الآتية الخاصة بأشعة بيتا .

رأينا أن أشعة بيتا تسلك مسلك الكهارب الطائرة فى أنها قادرة على المرور خلال صفيحة من الالومنيوم . الكهارب شحنات من الكهربائية السالبة. وقد رأينا فى باب سابق انها تنحرف بسهولة بواسطة مجال مغناطيسى . وكذلك أشعة بيتا عند اختبارها سواء بسواء . وظهر أيضا أنها جسيمات ذات شحنة سالبة. وقد حسبت سرعتها من انحرافها المغناطيسى فوجد أن بعضها يجرى بسرع بالغة ؛ مائة ألف ميل فى الثانية . ولذلك نرى أنفسنا مبررين فى القول، بأن هذه الكهارب تنبعث بمفاجأة كافية لاحداث أشعة جاما ، أى أشعة رونتجن . واذ أن سرعة سير أشعة بيتا أعظم بكثير جدا من سرعة الكهارب فى الأنبوبة الفراغية فلا يدهشنا أن فى إمكان أشعة بيتا أن تخترق صفيحة من الالومينيوم أسمك مما تستطيعه أشعة لينارد. وقد أجريت اختبارات عدة أخرى على تشععات بيتا فلم يبق ظل من الشك فى مطابقتها للكهارب التى عرفنا من أمرها شيئا كثيرا فى الأبواب السابقة .

كيف يستطاع اختيار طبيعة أشعة ألفا ؟ لقد قدّرنا انها ذرات من المادة لأن صفيحة من ورق الكتابة تحتبسها ، ونحن موفقون إذ نجد أنها حين تنحرف بتأثير مجال مغناطيسى ، تنحرف فى الجهة المضادة من الكهارب ، ونحن نعلم من هذا الأمر أنه لا بد أن تكون مكهربة كهربة مضادة ، وبعبارة أخرى انها تحمل حتما شحنة من الكهربائية الموجبة . ومن السهل بيان كون شحنتها موجبة بحصر الراديوم فى صندوق من المعدن لا تستطيع أشعة ألفا هذه أن تنطلق منه . نجد أن السطح الداخلى من الصندوق يصبح مشحونا بالكهربائية الموجبة أما الكهارب السالبة فتكون قد انطلقت خارجة من خلال الصندوق ، ويمكن اقتفاء أثرها فى الخارج . ولهذه الكهارب ، كما سبق الايضاح ، قوة اختراقية أعظم من قوة الكهارب فى أنبوبة فراغية . واذا عدنا الى الكلام فى صدد جسيمات ألفا فسنجد فيما بعد أنها فى الحقيقة ذرات غاز خفيف جدا يسمى الهيليوم (Helium) .

وجسيمات ألفا التى نحن بصددها تنطرد بسرعة عشرين مليون ميل فى الثانية ، وهو قدر يفوق كل ماعرف من سرع انطلاق جسيمات المادة . والواقع أنه ليست هناك نسبة مقارنة قريبة بين هذه وبين أسرع جسم متحرك يخطر ببالنا . على أن مجال الجرى قصير جدا ، لأنها لا تلبث أن تلتقطها على عجل جزيئات الخليط الغازى الذى نسميه الجو .

ان السرعة الهائلة التى لتلك الذرات من الهيليوم كافية لتفسير ذلك الصدام العنيف الذى يشاهد فى المرقب الشررى كما وصفناه فى الباب السابق . ولا تنس أن هذه الذرات صغيرة الى الحد الأقصى . انظر الى نقطة الوقف فى آخر الجملة السابقة وحاول أن

تخيل فرقة من الذرات واقفة أفرادها كتفا لكتف عبر قطر هذه النقطة . لا يكفى دون خمسة ملايين من ذرات الهليوم لتكوين ذلك الخط الدقيق . بيد أن صورة ذلك أبعد من مدى التخيل .

إن الخاصة العجيبة التى للراديوم، خاصة احتفاظه بدرجة حرارة ثابتة أعلى من درجة الهواء المحيط ، مسببة عن جسيمات ألفا أى ذرات الهيليوم . تصور جراما من أملاح الراديوم ، وهو مقدار لا يزيد عما يمكن أن تحمله قطعة من ذات الثلاث بنسات . من هذا المقدار ينطرد مالا يقل عن مائة ألف مليون ذرة هيليوم فى الثانية . من الصعب ادراك معنى هذا ، ولكن اذا أمكن تقسيم هذه الذرات المنطردة فى ثانية واحدة بين سكان الأرض جميعها بالتساوى نال كل واحد خمسين ألفا منها تقريبا ، وفى آخر الدقيقة الأولى يكون كل واحد فى الدنيا قد نال ثلاثة ملايين ذرة هيليوم و يكون ما يملكه الواحد منا فى آخر أول يوم ألوفا من الملايين . تخيل هذا المقدار العظيم من ذرات الهيليوم منطردا من أقل من نصف ملء ملعقة شاى من أملاح الصوديوم فى يوم واحد ، ومع ذلك فان تفريغ هذه الذرات المادية يجرى بلا انقطاع سنة بعد سنة على مدى قرون عديدة . إن الطاقة التى تحملها هـذه الذرات الطائرة تعادل تسعين فى المائة من مجموع الطاقة التى يخرجها الراديوم . أما درجة حرارة الراديوم فهى ناشئة عن ضرب بعض هذه الذرات للراديوم نفسه فى محاولاتها الانطلاق فى الهواء .

من الفقرة السابقة يرى ان الكهارب الطائرة (أشعة بيتا) وأشعة رونتجن (أشعة جاما) لا تعادل إلا واحدا فى المائة من الطاقة التى يخرجها الراديوم . ولكن كلا من هاتين الطائفتين يؤثر فى اللوحة الفوتوغرافية بمـا هو أفعل من تأثير ذرات الهيليوم (أشعة ألفا)

كلتا الطائفتين من الأشعة بيتا وجاما ، تفرغ جسما مكهربا وتحمل الحائل الفوسفورى التألق على الأشراق ، أما رشاش الضوء الذى يرى فى المرقب الشررى فهو مسبب عن أشعة ألفا أى ذرات الهيليوم .

الانسان عرضة فى أول الأمر الى الارتباك شيئا ما فى شأن هذه الأنواع الثلاثة المختلفة من التشععات ، وأرى أن خير طريقة لتثبيت طبيعتها فى الذهن هى أن نتناولها بترتيبها الأبجدى — ألفا و بيتا وجاما — ثم نفكر فيها صائرة أقل مادية شيئا فشيئا . نبتدئ بذرات المادة ثم ننتقل الى الكهارب ، وأخيرا الى الاضطرابات الأثيرية المعروفة بالأشعة السينية ، وهذا يساعدنا على تذكر الخواص المختلفة للتشععات الثلاثة الصادرة من الراديوم .

وقد لاحظ الكيوريان على عجل أن القوة الاشعاعية أمر معد ، فان كل مادة تبقى بجوار الراديوم تصبح ذات قوة اشعاعية أيضا ، ولكنها غير ثابتة . وتبقى تأثيرات القوة الاشعاعية المكتسبة عدة ساعات ، وفى بعض الأحوال عدة أيام . وقد لوحظ انه عند ما كان يزال الراديوم من جوارها تأخذ المادة التى أعداها فى فقدان خواصها المكتسبة . و يلذ القارئ أن يعلم أن المراقب نفسه يصبح ذا قوة اشعاعية ، وأن وجوده يكفى ليفرغ الأجسام المكهربة حوله ، و يؤثر فى أدوات مقاييسه الكهربائية . وقد يحاول الملاحظ أن يغسل يده من هذه الخاصة المكتسبة — بالمعنى الحرفى — ولكنه لا يستطيع . ولقد كان الأستاذ كيورى على حق فى شكره الله على أن هذه الخاصة المكتسبة غير ثابتة و إلا لاستحال عليه مواصلة تجاربه باستعمال الأجهزة الدقيقة لقياس الكهربائية .

لم يمكن فى أول الأمر أن يفهم معنى هـذه القوة الاشعاعيـة المكتسبة ولكن التجارب الأخرى التى عملت بعـد ذلك ألقت على هذه الظاهرة ضوءا جديرا بالاهتمام. فقد وجد أنه اذا أذيبت أملاح الراديوم أو سخنت كانت قوة اشعاعيتها أشد وأقوى عدوى، فقد وجد أن جسما كان فى جوارها أصبح ذا قوة اشعاعيـة حتى حين حجب عن جميع أنواع التشععات الثلاثة السالفة الذكر .

وقد دلت تجربة بسيطة على أن الفاعلية الاشعاعيـة المكتسبة لم تكن ناشئة عن تشععات الراديوم. وضع محلول من أملاح الراديوم فى فقاعة زجاجية ووضعت مادة ذات تألق فوسـفورى فى فقاعة أخرى . ثم وصل بين الفقاعتين بواسطة أنبوبة زجاجيـة مثناة حتى لا يستطيع شىء من الأشعة أن يصل من فقاعة الراديوم الى فقاعة المـادة ذات التألق الفوسفورى ، اذ أن التشععات لاتستطيع أن تنعطف فى زاوية . وقد وضع محبس فى الأنبوبة الموصـلة حتى لا يمر شىء من احدى الفقـاعتين الى الأخرى ما دام المحبس مقفلا وعنـد ما نقل هذا الجهاز الى الظلام لم ير شىء حتى فتح المحبس وعندئذ أشرقت المـادة ذات التألق الفوسفورى ، فدل هذا على أن غازا ذا قوة اشعاعيـة قد انتقل من أملاح الراديوم الى الفقاعة الأخرى ، وقد سـبق لروترفورد أن وجد أن هناك غازا ذا قوة اشعاعية يطلقه عنصر آخر ذو قوة اشعاعية يسمى التوريوم (Thorium) ولكن كان الغاز أو "الانبعاث" فى تلك الحالة قصير العمر اذ اختفى فى بضع دقائق. أما فى حالة الراديوم فقد وجد أن الانبعاث دام ذا قوة اشعاعية عدة أسابيع [١]

(١) يجب أن لا يخلط بين غاز الانبعاث والأشعة المنبعثة من الراديوم .

مما يلذ الانسان أن يكون فى الظلام و يراقب هذا الغاز المنبعث وهو ينسحب فى أنبو بة طو يلة من زجاج ذى تألق فوسفورى ، فانه عند ما يمر الغاز على استطالة الأنبو بة تصبح الزجاجة مضيئة. بهذه الطريقة يراقب الانسان مرور الغاز فعلا من محلول الراديوم الى مستقبل بعيد. و يزيد عجب الانسان اذا كانت الفقاعة المستقبلة التى هى أيضا ذات تألق فوسفورى توضع فى هواء سائل. ظاهر جدا أن غاز الانبعاث يصبح سائلا بسبب تلك الدرجة المنخفضة جدا من الحرارة . نحن لا نستطيع أن نصب ونفرغ سائل هـذا الغاز المنبعث كما نصب الهواء السائل. بل الواقع أننا لا نرى سائلا مطلقا ، لأن المقدار قليل جدا. ومع ذلك فاننا نثق أن غاز الانبعاث يسيل ، اذ بدلا من الغاز الذى يملأ الفقاعة نرى من تأثيره التألقى الفوسفورى أنه يتراكم فى قاع الفقاعة المستقبلة .

انه هو هذا الغاز الانبعاثى الذى يسلك إلى الأجسام التى تكون موضوعة فى جوار الراديوم ، و يلتى بعض مواد صلبة متطايرة عليها فتصبح بها ذات قوة اشعاعية مؤقتة . واذا وضع غاز الانبعاث فى أنبو بة مختومة فان قوتها الاشعاعية تزول فى بضعة أسابيع .

هذا ولغاز الانبعاث والتشععات الصادرة من الراديوم كثير مما يلذ القارئ و يروعه ، ولكنى أشفق أن أرهق القارئ العادى بزيادة التفصيل. على أن هناك بعضا من النقط تساعدنا على الاجابة على السؤال الذى جعلناه عنوانا للباب الآتى وهو : "هل الدنيا ذاهبة الى نفاد ؟ "

الباب الثانى والعشرون

هل العالم ذاهب الى نفاد ؟

استخراج ثلاثة أرباع القوة الاشعاعية فى الرايوم — سينفد الراديوم الموجود اليوم — أبو الراديوم — كيف يختفى الراديوم — من أين تأتى كل طاقة الراديوم — كيف نعرف أن الهيليوم من نواتج القوة الاشعاعية — أول استكشاف الهيليوم فى الأرض سنة ١٨٩٥ — هو مادة شديدة الكسر للضوء — تحولات حقيقية — الكيماويون الأفاكون — حياة العناصر ذات القوة الاشعاعية — لا توجد مناجم راديوم — القوة الاشعاعية فى المادة العادية .

اذا أخرج الحاوى من برنيطة خالية أصنافا لا نهاية لها من الأشياء نعلم جيدا انها لا تأتى من العدم و يمكننا أن نتنبأ أن سيأتى عليه وقت يكون فيه مهما أحكم حيلته قد استنفد كل ما فى مخزنه الخفى من الأقداح والصناديق القابلة للانضغاط ، وأقفاص الطير والأرانب وغيرها . وكذلك الأمر فى الراديوم أبى العجائب . فما فى الناس ممن ينظرون فى الأمر من يتصور أن فى استطاعة أى جسم أن يستمر فى اطلاق جسيمات مادية من نفسه و يبقى بعد ذلك كما هو لم ينتقص منه شىء. وعليه فلا بد أن يأتى يوم يفنى فيه الراديوم الذى عندنا فى الوقت الحاضر .

لا يدهش الانسان قليلا ، وللراديوم قيمته المعلومة ، أن يرى مالكه يذيب كنزه بهدوء و يستخرج ثلاثة أرباع قوته على صورة غاز لا يمكن أن يبقى إلا بضعة أسابيع . نعم إنه يستطيع أن يبخر المحلول و يستعيد أملاح الراديوم . ولكن هذه لا تملك يومئذ الا ربع قوتها الاشعاعية السابقة . فلا حاجة الى القول بأن صاحب الراديوم لا يقع فى هذا الخطل الا اذا كان واثقا أن الراديوم سيستعيد خواصه المفقودة بنفس السرعة التى فقد بها قوته غاز الانبعاث الذى استخلصه .

و بما اننا نعتقد ان الراديوم الذى نحرزه اليوم سينعدم فى بضعة آلاف من السنين فظاهر أن الراديوم الذى نحرزه اليوم لا يمكن أن يكون موجودا منذ عدة ألوف من السنين . قد نقول إن عمر الراديوم يتراوح بين ألفى سنة وثلاثة آلاف فمن أين أتى الراديوم اذن ؟

اذا سقط "ساكن القمر" على هذا الكوكب وقدمنا له تفاحة حمراء ، فقد يعتقد أنها وجدت دائما كذلك على الصورة التى رآها عليها ، ولكن اذا رآها آخذة فى التحلل والنفاد فلعله يظن أنها صورة مادية مؤقتة ، واذا هو سقط فى احدى مدننا حيث لا يرى الا تفاحا يعبأ فى أقفاص فلعل أصله يبقى لديه سرا مبهما . ولكن اذا هو أثناء تجواله فى الخارج وجد هذا التفاح على بعض الأشجار دون سواها فانه يشعر أنه قد استكشف أم التفاح . فأين نجد الراديوم فى الطبيعة اذن ؟

لا يقتصر الأمر على أننا نجد الراديوم دائما فى تلك المعادن التى تكون أشد وفرة فى عنصر الأورانيوم بل إن هنالك نسبة محدودة دائما بين مقدار الاورانيوم ومقدار الراديوم فى كل نوع من البتشبلند . فلا شك اذن فى أن الأورانيوم هو أصل الراديوم .

واذا اقتفينا سلم النسبة الى الأدنى من الأورانيوم الذى هو أثقل عنصر ، نجد بعض حقائق رائعة . لقد سبق لنا ان قلنا إن الهيليوم ابن الراديوم ولكن هذا القياس التمثيلى فى هذا الصدد غير كامل ، لأن ذرات الهيليوم نفسها تخرج من الاورانيوم على حسابه الخاص ، و بعد أن يلد الراديوم غاز الانبعاث نجد أن هذا الذى تولد من الراديوم يعطى نفس ذرات الهيليوم أيضا . و الواقع اننا نجد جسيمات ألفا هذه ، أى ذرات الهيليوم ، منتجة فيما لا يقل عن سبع طبقات فى شجرة النسب .

واذا أردنا أن نبحث الموضوع بالتفصيل نجـد أن الاورانيوم ليس هو الأب المباشر للراديوم اذ توجد مرحلتان بين الاورانيوم والراديوم ،وعليه فالاورانيوم هو الجد الأكبر للراديوم . والراديوم يعقب غاز الانبعاث مباشرة ، وهـذا تعقبه طبقات ثمـان على الأقل . و يميـل رواد الباحثين الى الاعتقاد بأن النـاتج النهائى سيكون هو ذلك العنصر المعروف بالرصاص .

اذا كانت ذرات الاورانيوم آخذة فى التفتت وتكوين ذرات راديوم وذرات هيليوم فمما لا شك فيه أن تكون كل ذرة من هذه الذرات أخف من ذرة الاورانيوم. إن الوزن الذرى للأورانيوم هو ٢٣٨ والوزن الذرى للراديوم ٢٢٥ أما الهيليوم فوزنه الذرى ٤ فقط . فلا غرابة اذن اذا نحن توقعنا أن تكون منتجات الراديوم ذات وزن ذرى أقـل من الراديوم . وعليه فاذا كان الرصاص هو ناتج محتمل فـلا بد أن يكون أخف من الراديوم والواقع كذلك ، فان الوزن الذرى للراديوم هو كما قلنا ٢٢٥ ووزن الرصاص الذرى ٢٠٧

يظهر من هذا تمـاما ،من غير حاجة الى الدخول فى التفصيل، أن بعض العناصر آخذة فى التحلل بحيث يكون كل ناتج أقـل من أبيه .

فكر من أين تأتى طاقة الراديوم؟ . لا يستطيع الانسان أن يحصل على طاقة من العـدم وان كان المتفائلون القائلون بالحركة الدائمة بطيئين فى ادراك ذلك. لقد سمعت بعض الناس يقولون إن الطبيعة تعطى فى هـذه الحـالة أكثر ممـا تطلب فى مقابل ذلك ، وقد استشهدوا على ذلك بالرافعة العادية ولكن لحظة من التفكير تكفى لتبديد فكرة استراق الطاقة بواسطة رافعة . نعم إن الانسان قد

يستطيع أن يحرك حجرا ثقيلا بواسطة رافعة وان كان لا يستطيع أن يحركه بتوجيه كل طاقاته الى الحجر مباشرة . ولكن الانسان قد يستطيع أيضا أن يحمل شحنة عربة من الفحم الى أعلى البناء بمناولة اياها قنطارا فقنطارا وان كان لا يستطيع أن يرفع طن الفحم دفعة واحدة . لاحظ أن الرجل ذا الرافعة مكلف أن يحرك طرفها السائب خلال مسافة كبيرة لاحداث حركة بسيطة جدا فى الحجر . وتقول لنا نظرية بقاء الطاقة إن الطبيعة لا تتعامل الا بطريقة جدية فهى تتطلب أن نعطيها معادلا لما تعطينا اياه .

رأينا أن الراديوم لا ينقطع عن أن يشع مستنفدا مقدارا فوق العادة من الطاقة، فمن أين يحصل على هذا المدخر الذى يلوح أنه لا نهاية له ؟ بكل تأكيد هذا المدخر ذاتى وآراؤنا اليوم فى تكوين بنية الذرة تدل على أن ما يستجر منه هو الطاقة الباطنية للذرة . فان الكهارب الدائرة التى تكوّن الذرة لا تفتأ تتخلص من معاقلها . بعضها اذ ذاك ينطلق حرا وبعضها يتجمع ليكوّن ذرات ذات وزن ذرىّ أخف .

إن تكن فكرة أن الرصاص هو الناتج النهائى للراديوم فكرة فرضية فان فكرة أن الهيليوم ناتج من نواتج الراديوم قد صادفت ما يعززها بالبرهان التجريبى ، ومما تلذ الانسان معرفته هو كيف أمكن الحصول على هذا البرهان .

لا يسمع الانسان بالهيليوم الا بالاضافة الى العلوم ، اذ الواقع اننا لم نعلم بوجوده فى هذا الكوكب الا منذ عهد قريب . كان سيرنورمان لوكيار منذ أكثر من جيل مضى يفحص الرسالة اللاسلكية التى تبعثها الشمس ويتصيدها المرقب الطيفى فعثر بخط طيفى لم يسبق اكتناهه . وكان هذا الخط الطيفى الذى لفت

نظره قريبا من أحد خطوط الصوديوم فى القسم الأصفر . ولاحظ سير نورمان أن هذا الخط الخاص ليس تابعا لأى طيف معروف . فقيل انه عنصر فى الشمس غير معروف فى الأرض ولذلك سماه هيليوم اشتقاقا من كلمة هيليوس (Helios) الأغريقية ومعناها الشمس . وقد وجد هذا العنصر فى كواكب أخرى . ومما هو جدير بالذكر أنه لا يوجد الا فى أسخن الكواكب . وعليه يجب أن نرتقب أن يكون الهيليوم عنصرا خفيفا جدا ، لأننا نعتقد أن أخف العناصر أولها فى سلم التناشؤ الحادث فى تبرد الكواكب . لم يكن فى استطاعة لوكيار أن يقدّر وزنه الذرى ما دام هذا العنصر على هذا البعد السحيق ، ولكن لما وجد بعد ذلك على هذا الكوكب عيّن وزنه الذرى ووجد أنه ثانى عنصر معروف فى الخفة ، اذ الأول فيما هو مدوّن هو الايدروچين .

قبل استكشاف الراديوم كان سير وليام رمساى بلندن يفحص أطياف غازات يشتمل عليها صنف من البتشبلند يعرف باسم كليڤيت (clevite) فاستكشف نفس الخط الطيفى الذى وجده سير نورمان فى الشمس والنجوم قبله بخمس وعشرين سنة . وقد استكشف الهيليوم فى كوكبنا ولوحظ لأول مرة فى سنة ١٨٩٥ والاستكشاف فى ذاته عظيم لأن مقدار غاز الهيليوم الموجود فى البتشبلند طفيف جدا جدا . سبق لى فى أحد الأبواب الماضية أن ألمعت الى أن من فوائد القدرة على انتاج الأطياف بواسطة شرارة كهربائية إمكاننا مشاهدة الخطوط الطيفية لمقادير طفيفة من الغاز . ولقد كانت هذه هى الطريقة التى ساعدت سير وليام رمساى على استكشاف الهيليوم .

بعد هذا الاستكشاف أصبح العلماء الفوسيقيون على علم بطيف الهيليوم ، اذ هو يبدى خمسة خطوط واضحة منتشرة على مدى

الطيف المنظور . وقد نلاحظ هنا أن الهيليوم عنصر مستقل تام الاستقلال ، لأنه لا يدخل فى شركة مع أى عنصر آخر ؛ فهو أحد الغازات القليلة الخاملة التى تستعصى على كل محاولة يراد بها اتحاده كيماويا بغيره ، وفضلا عن هذا فان للهيليوم صفحة تاريخ خاصة ، فقد استعصى على الكيماويين الى عهد قريب أن يسيلوه . فان أوطأ درجة حرارة تسيل عندها الغازات الأخرى لا تؤثر فى الهيليوم .

ووجه الأهمية الحاضرة من خطوط هذا الغاز الكاسر للضوء هو فى الاقتراح الذى أبداه الأستاذ روثرفورد ومستر سودى اذ قالا : إن الهيليوم ناتج من نواتج القوة الاشعاعية . فان وجوده فى مادة البتشبلند يلوح أنه يدل على ذلك . ولكن هذا الموضوع غير مفتوح الباب للحدس والتخمين . كان سير وليليام رمساى ومستر سودى يفحصان طيف الغاز المنبعث من الراديوم ، وهو ذو طبيعة غير ثابتة ، وبعد بضعة أيام شاهدا بعض خطوط لامعة آخذة فى الظهور ، واذ أصبحت هذه الخطوط بينة شيئا فشيئا دلت على أنها رسالة لاسلكية من بعض ذرات الهيليوم . على أن هذه الذرات لم تكن فى الأنبوبة عند ما لحمت وختمت كما أنه لا يمكن أن تكون قد دخلت اليها مخترقة زجاج الأنبوبة . فيلزم من ذلك أن تكون قد تولدت فى باطنها . لا مشاحة فى أن الهيليوم كان ناتجا من نواتج الغاز المنبعث من الراديوم وأن هذين العالمين قد شهدا بذلك مولد الهيليوم فى معملهما .

بفضل الاستكشاف المشار اليه يمكننا أن نفهم كيف أن الهيليوم يوجد دائما فى المواد ذات القوة الاشعاعية . ليس هناك أقل شك فى حدوث تحولات فعلية فى باطن البتشبلند . تكسرت ذرات الأورانيوم وكونت ذرات الراديوم وأصبحت ذرات الراديوم غير ثابتة وأطلقت بعض ذرات هيليوم . انى أهمل ذكر ذرات الانبعاث لأنها قصيرة العمر جدا .

ليت شعرى ما ذا يقول كيماويو القرون الوسطى لو انهم عادوا اليوم من الأجداث وعلموا أن التحولات التى كانوا يقولون بها ويعتقدونها تحدث اليوم فعلا فى الطبيعة. لا مشاحة فى أن الأفاكين الأمريكيين الذين ادعوا حديثا أنهم استطاعوا تحويل الفضة ذهبا ليسوا علميين . اذا خطت الطبيعة من تحويل الى تحويل فانما يكون ذلك دائما من الذرة الأثقل الى الذرة الأخف ، فالأوزان الذرية للأورانيوم والراديوم والرصاص هى على التوالى ٢٣٨ و ٢٢٥ و ٢٠٧ أما هؤلاء الكيماويون الأفاكون فادعوا أنهم حولوا الفضة ووزنها الذرى ١٠٧ الى ذهب ووزنه ١٩٧

عند ما نبحث تعداد النفوس فى قطر ما لا تفوتنا ملاحظة معدل المواليد ومعدل الوفيات وكذا متوسط السنّ فى المجموع ، واذا أردنا أن نجرى تعدادا للعناصر ذات القوة الاشعاعية فلا بد لنا أن نجرى على خطة كالسابقة . من معدل الوفيات أو معدل التحلل فى الأورانيوم نجد أنه ذو عمر أطول بكثير من عمر الراديوم ولعله يبلغ حوالى ستة عشر مليون سنة ، ومن ثم كان الأورانيوم أكثر بكثير من الراديوم ولكن ما يعوز الراديوم من حيث العمر يعوضه فى القوة . حياة أقصر بيد أنها أسعد . وكذلك الأمر فى الراديوم و "انبعاثه" فان عمر الانبعاث قصير جدا بالقياس الى عمر الراديوم، وهو أشد قوة اشعاعية من الراديوم الذى هو مشتق منه.

ظاهر جدا أن المواد الشديدة القوة الاشعاعية يلزم أن تكون نادرة ولا يجمل بالمؤلف الروائى فى المستقبل أن يصير بطل رواية له صاحب ملايين بعثوره على منجم راديوم يستطيع أن يستمد منه طاقة لاتنفد ، اذ المعقول أن لايبقى من البطل شىء يتمتع بلقيته المستحيلة الحدوث لأننا نعلم أن أصغر مقدار من الراديوم يحدث تأثيرات فيسيولوجية

خطيرة فى الجسم الانسانى . روى عن المرحوم الأستاذ كيورى أنه قال : إنه لو وجد فى غرفة كيلو جرام من الراديوم الخالص ما دخلها لأنه يتلف بصره ويحرق جلد كل جسمه وربما قتله .

فتحنا هذا الباب بمثل الحاوى الذى يخرج أشياء من جراب مخفى واتفقنا على أن ما لديه منها سيفرغ حتما فى وقت قريب أو بعيد ، وكذلك الأمر فى الراديوم وغيره من الأجسام ذات القوة الاشعاعية . ولكن هذه الحقيقة لا تبرر القول بأن الدنيا ذاهبة الى نفاد لأننا اذا فقدنا كل الأورانيوم والراديوم وكل الأجسام ذات القوة الاشعاعية لم يستنفد كوكبنا بحال . على أن العالم العلمى قد أخذ يبحث عن خواص القوة الاشعاعية فى المادة العادية ، فقد قيل باحتمال وجود بعض هذه العناصر ذات القوة الاشعاعية موزعة خلال الطبيعة أو بأن المادة العادية ذات قوة اشعاعية بذاتها .

وجد أن الماء المنبعث من العيون المعدنية فى مدينة باث (Bath) بانجلترا ذو قوة اشعاعية ، ووجد أن هواء المغارات والأقبية حائز هذه الخاصة الجديدة للمادة بدرجة غير عادية بحتة . بل لقد تبين أن الجو العادى نفسه ذو قوة اشعاعية بدرجة طفيفة جدا ، ووجد أحد علماء الطبيعة بكامبرج أن المطر الحديث السقوط ذو قوة اشعاعية ، وكانت طريقة الاستدلال على ذلك بسيطة . أخذ قليلا من المطر الحديث السقوط فى وعاء بلاتين صغير وبخر الماء بسرعة عظيمة بتسخينه ، وعند ما اختبر هذا الوعاء المشتمل على راسب غير منظور وجد أنه قادر على تفريغ كشاف (الترسكوب Electroscope) وقد اتضح أن هذا مسبب عن خاصة قوة اشعاعية اختفت فى بضع ساعات . أما ماء الحنفيات العادى أو ماء المطر الذى يكون قد سقط منذ مدة ما فانه عند ما يعامل كما يعامل الأول بالضبط لا

يبدى دليلا على وجود قوة اشعاعية ، وان كان الهواء الذى يخرج على صورة فقاعات من خلال بعض مياه الحنفيات وجد ذا قوة اشعاعية. هذه الوقائع تدل فيما يلوح لنا على أن القوة الاشعاعية خاصة عامة للمادة ، بيد أن هذه المسألة لا يمكن البت فيها فى الوقت الحاضر.

إن الرجل الذى يختلس النقود بمقادير كبيرة أسهل على الاستكشاف بكثير جدا من الذى يسرق قليلا قليلا منها فى مدى وقت طويل، بل لسوء الحظ قد لا يستكشف هذا الأخير بتاتا.

رأينا أن الكهارب تنطرد باستمرار عن الأسلاك المحماة الى درجة الاحمرار، وعن لهب الشموع ، وعن جميع الأجسام فى حالة الاحتراق . هذه الكهارب تأتى حتما من مكان ما، كأعمال الحاوى ولكن هذه الكهارب هى بلا شك من البعض القابل للانفصال الذى يكره على ترك ذراته .

و يظهر أن التفاعلات الكيماوية تسبب أيضا تحللا فعليا فى المادة على نطاق صغير جدا . ذكر الدكتور جوستاف لو بون البلجيكى (Dr. Gustave Le Bon) أنه أثبت هذا الأمر قطعا بتجارب.

ممكن جدا أن تكون المادة جميعها ذات قوة اشعاعية وان لم يكن فى استطاعتنا معرفة ما ينقصها ؛ بل الواقع أنه يحتمل فيما يبدو لنا أن الدنيا ذاهبة بالتدريج البطىء جدا جدا الى النفاد .

وعندنا من جهة أخرى بيانات كوكبية على أن أسخن النجوم متكون من أخف العناصر وحدها ، أما الذرات الأثقل فلا تظهر فى النجوم الا عند ما تأخذ فى التبرد. ويخيل الينا أن هذا يدل على تناشؤ قد يعادل التحلل الذى أشرنا اليه ، وبهذا تم عندنا دورة تامة من الحوادث .

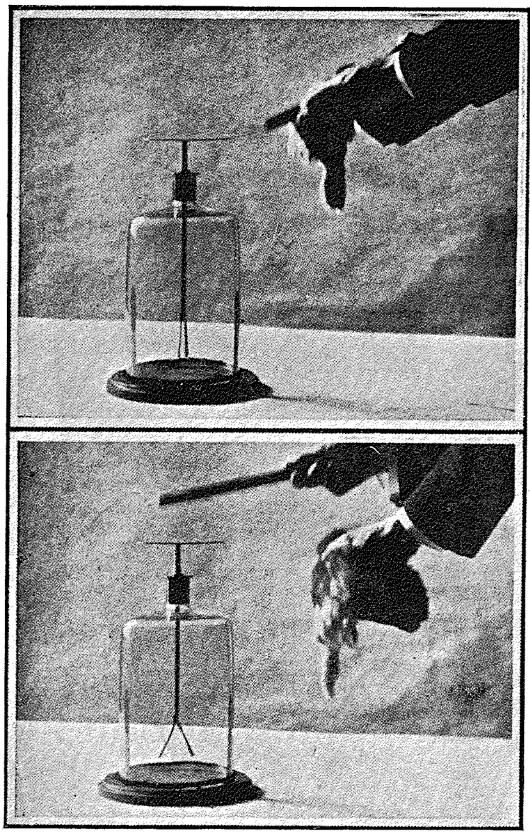
الباب الثالث والعشرون

سبب القوة الاشعاعية

الذرات ذات الانتظامات غير الثابتة – كيف نعبر عن حياة مقدار من الراديوم – تغير وراء متناولنا حاسية المرقب الطيفي – من أين أتت الطاقة الباطنية للذرة في الأصل ؟ .

عند ما كنا في صدد تركيب الذرة رأينا كيف أن الكهارب تكون انتظامات معينة تبعا لعدد الكهارب التى تشتمل عليها الذرة . وساعدتنا الصورة الافتتاحية على تكوين صورة ذهنية محدودة عن الذرة .

وقد أبان الأستاذ ج . ج تومسون أن من هذه الانتظامات ما هو غير مستقر فهو عرضة للتهدم، وذرات العناصر ذات القوة الاشعاعة تدخل فى هذا الفريق . لو كانت الذرات التى تكون عينة من الراديوم تتكسر جميعها فى وقت ما لاختفى الراديوم دفعة واحدة . أما اذا لم تتهدم منه إلا ذرة واحدة فى كل عشرة ملايين ذرة فلا بد من أن يستغرق تمام تخربها وقتا ما . واذ يوجد ألف مليون مليون مليون ذرة فى كل جرام من الراديوم فظاهر أن بين يدينا ما يكفى من مادته للظهور والعمل الطويل . واذا قسمنا مجموع الذرات على عدد ما يتهدم منه فى الثانية نجد أن جرام الراديوم يستغرق نفاده ثلاثة آلاف سنة تقريبا . تلك على كل حال طريقة تقريبية لشرح وقائع الحال ، اذ المعروف أنه كلما قل حجم الراديوم لم يفقد المقدار بعينه كل سنة . كلما زاد تهدم الراديوم زاد بطء الباقى منه فى التهدم . وأنه من أجل هذا القانون يكون أيسر علينا أن نقول إن الراديوم يحل نصف ذراته فى ألف وثلثمائة سنة .



الكشاف الكهربائى فى حالة استعماله

هناك جرة من الزجاج تحمى قضيبا من المعدن معزولا متصلان بطرفه الأسفل قطعتان من ورق الذهب . عند ما يدنى أى جسم مكهرب من القرص المعدنى المتصل بالطرف الأعلى من القضيب تصبح ورقات الذهب مشحونة بالكهرباء وتتنافران كما يرى فى الصورة السفلى . ويمكن استكشاف وجود الراديوم بواسطة مجس كهربائى يكون قد شحن من قبل كما هو مفسر فى المتن .

و بناء على هـذا القانون نفسه نجد أن " انبعاث " الراديوم على كونه يستغرق بضعة أسابيع للتهدم تماما ، لا يختفى منه الا نصفه فى آخر الأيام الأربعة الأول . واذا عالجنا الأورانيوم بالطريقة عينها نقول إن نصف مقداره يختفى فى نهاية ستمائة مليون سنة .

ومما يطرب النفس أن نلاحظ أن هذه السرعة فى التحلل أو التهدم ثابتة وأنه ليس فى وسع الانسان زيادتها أو نقصها . على أنه لا يحسن بنا أن نقطع فنقول إن الانسان ان يستطيع أن يزيد سرعة التهدم الطبيعية فى الأجسام ذات القوة الاشعاعية . من ذا الذى كان يصدق منذ قرن اننا نستطيع الحصول بتاتا على جسيمات أقل من الذرات تنقل مقادير بالغة من الطاقة من مكان الى مكان ؟ ومع ذلك فهذا ما يحدث فعلا عندما ترسل قوة كهربائية على امتداد سلك ثابت . من ذا الذى كان يعتقد أن فى استطاعتنا أن نحمل هـذه الجسيمات الخفية على نقل كلامنا الى بلدان بعيدة والاتيان لنا مباشرة بأنباء ما يجرى فى العالم المتمدين ؟

أما فيما يختص بالمواد ذات القوة الاشعاعية فكل ما نقوله فعلا هو أننا اليوم لا نستطيع أن نؤثر فى تغيرات القوة الاشعاعية الجارية فى الطبيعة . قد نحمى المادة الى أعلى درجة مستطاعة أو نعرضها لأوطأ درجة حرارة ممكنة ، ومع ذلك تستمر سرعة التغير الثابتة ثابتة على حالها .

الصورة المقابلة لصفحة ١٩٩ تساعدنا على ادراك مقارنة بين دقة ميزان كيماوى و بين مرقب طيفى . نحن نعجب لقدرة المرقب الطيفى على استكشاف جزء من مليون من مليجرام من المادة ، فماذا نقول اذا خبّرنا أن الكشاف الكهربائى (**Electroscope**) أشد حسا من المرقب الطيفى مليون مرة ؟ (انظر الرسم)

فى باب سابق حاولنا أن نصور جزءا من أربعة ملايين من الرصاص الذى مسح عن قلم رصاصى عند كتابة كلمة واحدة مبينة فى الرسم ، ووجدنا أن المرقب الطيفى يستطيع أن يستكشف مثل هذه الأثارة المادية المتناهية فى الصغر . والآن نعلم أن جزءا من مليون من هذه الأثارة المتناهية فى الصغر يمكن استكشافه بواسطة الكشاف الكهربائى اذا كانت المادة ذات قوة اشعاعية كالراديوم . مثل هذه الأجزاء من أثارة من المادة متعذرة على النظر، بعيدة جدا عن متناول تخيلنا ، فماذا نقول اذن عن الجزئيات والذرات والكهارب التى تشتمل عليها مثل هذه الأثارة التى لا ترى ؟

بالميزان الكهربائى نستكشف المادة بجذب الأرض لها ، و بالكشاف الكهربائى نستكشف المادة بأمواج الأثير التى تبعثها كهاربها الدائرة . بالكشاف الكهربائى نستكشف المادة ذات القوة الاشعاعية بقدرتها على تحويل (Ionize) الهواء الى ايونات و بذا تحمل الشرارة الكهربائية التى سبق أن أعطيت للآلة . لولا هذا المستكشف البالغ فى الدقة لم نستطع أن نعرف وجود بعض العناصر ذات القوة الاشعاعية المعروفة لنا اليوم .

لا شك فى أن سبب القوة الاشعاعية هو تحلل الذرة ، فانه بسبب كون الذرات آخذة فى التهدم وتكوين ذرات أخف وزنا ، وفى عملها هذا تطلق كهارب ، نحصل على ظاهرة القوة الاشعاعية الشهيرة .

نحن نعلم أن المظهر الخارجى للطاقة مسبب عن الطاقة الباطنية للذرة ، ولكن من أين أتت هذه الطاقة ؟ قال المرحوم اللورد كلفن فى خطاب سبقت اشارتنا اليه « إن طاقة الراديوم هى بلا شك مسببة فى الأصل عن درجات الحرارة الشديدة الارتفاع التى حدثت ولا تزال تحدث فى الكون » ولكن أليس يلوح أنه

غير ضروري أن نخص الراديوم بالذكر في هذا الصدد ؟ ليس هناك الا قليل من الشك في أن الطاقة الباطنية لجميع الذرات قد اشتقت في الأصل من درجات الحرارة التي كانت منتشرة عندما تجمعت الكهارب بعضها مع بعض لتكوّن الذرات . والواقع أن كيمياء النجوم تلوح كأنما تدل صراحة على أن العناصر الأخف وزنا تكونت أولا في أسخن الكواكب، وأن أثقلها وزنا لم تظهر الا في درجات الحرارة الدنيا . نحن نعلم أن جميع العناصر ذات القوة الاشعاعية لها ثقل وزن ذري معروف . ويخيل الىّ أن هناك من يقول إن هذا يشير الى أن أخف العناصر تشتمل على أعظم طاقة باطنية ، ولكن يجب علينا أن نتذكر أن أخف العناصر يحتوي أقل الكهارب عددا .

حقا إننا لا نملك دليلا عن الطاقة الباطنية التي تشتمل عليها ذرة الحديد مثلا ولكن هذا ناشئ عن كون الطاقة محتبسة في باطن الذرة ولا يعتورها أي تغير ظاهر كالذي نراه في الذرات ذات القوة الاشعاعية . ولا يتأتى لنا إدراك أية فكرة عن الطاقة الا عند ما يكون هناك تغير أو تحول .

الباب الرابع والعشرون

ما هى الجاذبية ؟

نيوتن ونظرية الجاذبية — حكاية التفاحة التى سقطت ، فكرة نيوتن — حبوط العمليات الحسابيــة الخاصة بنظريته — تغير الحال بسبب ذيوع مقاس جديد للأرض — استكشاف عظيم — حكايات ظريفة عن نيوتن وتقديراته الرياضية — ضرورة وجود وسط للجاذبية — أين تتدخل الكهارب ؟

بينما تجد أشد القراء تدقيقا لا يصرون على أن يتناول الانسان كل موضوع علمى فى مجلد كهذا ترى فى القراء من يسوؤه أن لا يعنى الكاتب عناية خاصة بموضوع مهم مثل طبيعة الجاذبية .

ان اسم سير اسحق نيوتن شديد الاتصال جدا بموضوع التثاقل حتى لتجد فى الناس عددا غير قليل من وقرت فى نفسه الفكرة القائلة خطأ بأن نيوتن هو أول من لاحظ قوة الجاذبية ، بله انه مستكشفها . لا حاجة بنا الى القول ببطلان ذلك . فان الانسان لا يمكن أن تفوته ملاحظة هــذه القوة وهى بارزة الظهور فى ماجريات حياتنا اليومية ، وقد كان لهذه القوة فى عهد نيوتن اسم خاص كما لها اليوم بيننا . درس كثير من الفلاسفة مسألة الجاذبية درسا جديا قبل عهــد نيوتن ولكن نيوتن هو الذى استكشف القوانين الخاصة بالجاذبية وطبقها على الكون جملة .

زعم بعضهم قبــل عهد نيوتن ان الشمس تجذب الأرض والكواكب الأخرى ، ولكن نيوتن هو الذى أثبت أن القــوة الجاذبة هى الجاذبية التى نرى أثرها فيما حولنا على سطح هــذا الكوكب .

أذكر وأنا صبى إذ كنت عضوا فى جمعية أدبية للجدل والمناقشة مؤلفة من أعضاء كلهم صبية مثلى ان أحد الأعضاء قرأ موضوعا على استكشاف نيوتن للجاذبية كانت فيه التفاحة التى سقطت عن الشجرة ذات الشأن الأكبر ، ولما علمت بعد ذلك ان نيوتن لم يستكشف الجاذبية أسقطت قصة التفاحة أيضا . والواقع أن كثيرا من كتاب اليوم فى السنوات الأخيرة يعدون هذه القصة خرافية،ولكن مما يهم أن رجلا ثقة مثل ڤولتير يقرر صدقها، إذ أيدتها ابنة أخت نيوتن نفسها وكانت تعيش مع ذلك العالم الكبير . حقا إن شجرة التفاح عاشت قرنا ونصفا وكانت معروفة فى السنوات الأولى من القرن الماضى ثم ألقتها الريح صريعة فى سنة ١٨٢٠

لإمكان تقدير حكاية التفاحة الساقطة يجب علينا أن نتذكر أنه لم يوجد حتى ذلك الوقت (سنة ١٦٦٥) من يربط القوة التى تجذب الكواكب السيارة بالشمس بالقوة المعروفة اليوم باسم الجاذبية . كانت الجاذبية فى اعتبار الناس قوة محلية تعمل على سطح الأرض . ولعل القول بأن هذه القوة قد تمتد خارجا فى الفراغ الى مدى ملايين من الأميال كان يلوح مستحيلا جدا . ولقد أعطى الفلاسفة للكواكب أثيرات تسبح فيها حول الشمس .

لا شك أن نيوتن قد تحير غير مرة فى طبيعة القوة التى استكشف أنها موجودة بين الشمس والكواكب . ولعله كان يفكر فى هذه المسألة عند ما كان جالسا فى حديقته وهو فى الثالثة والعشرين من عمره ، سقطت تفاحة عن شجرة . نعم ولكن نيوتن قد شاهد قبل اليوم تفاحا يسقط . وعلى كل حال فقد خطر له على حين بغتة أنه ربما كانت هذه القوة بعينها هى التى تجذب القمر الينا وتجعله مستمرا فى السقوط دائرا حوالى الأرض . فلم يلبث أن أخذ يعمل حسابا

ليعرف منه: هل قوة الجاذبية هى الأصل فى جذب الأرض للقمر أم لا . ولقد كان أساه عظيما عند ما وجد ان أرقامه أثبتت أن تلك القوة ليست كافية لتعليل مقـدار سقوط القمر فى الثانية الواحدة . فانه بدلا من أن تأتى نتيجة الحساب بمقدار ١٦ قدما فى الثانية أتت بمقدار ١٤ قدما تقريبا فى الثانية ، على أن نيوتن كان رياضيا عظيما وكانت حسبته صحيحة، ولذلك اضطر أن ينفى أن الجاذبية هى القوة العاملة . والواقع أنه لم يذكر فكرته هـذه لأحد فى ذلك الوقت مطلقا بيد أنه وضع ورقة الحساب جانبا .

وبعد ستة عشر عاما رجع نيوتن الى هذا الموضوع لاعتقاده أن فكرته السابقة يلزم أن تكون صوابا . وكذلك سمع أن بيكارد(Picard) الباريسى قد عمل للأرض مقياسا طريفا ودقيقا أثبت به أن الأرض أكبر كثيرا مما قدر فى السابق . ومن شأن هـذا بطبيعة الحـال أن يغير أركان حساب نيوتن ، لأنه اذا كانت الأرض أكبر جرما فلا بد أن تكون قوة الجذب أعظم ، ولا بد أن يسقط القمر فى الثانية أقداما أخرى . ولم يلبث نيوتن ان أعاد حسابه السابق مؤسسا على هذه المعلومات . وسرعان ما رأى أن الأرقام آخذة فى القرب من الصحة . وبزغ نور هذا الاستكشاف بتمامه عليه . فلم يستطع لشدة اضطراب نفسه أن يكمل عملياته الحسابية . ثبت لديه فى النهـاية صدق نظريته الأصلية . استكشف هـذا الرجل خطة الخالق العظيم فى كونه ، عرف أن الجاذبية المتبادلة هى المسيطرة على جميع الاجرام السماوية فى جذبها بعضها لبعض . ولا نبالغ اذا قلنا إن هذا الاستكشاف كان ذا أهمية عظمى .

وقد عمل نيوتن كل العمليات الرياضية الخاصة بهذا الموضوع على وجه التمـام والدقة حتى لم يدع لأجيـال المسـتقبل مسألة

الا استكشاف طبيعة هذه القوة . وقد مر قرنان وأكثر والمسألة باقية كما هى لم تحل .

ويقص أصدقاء نيوتن حكايات لذيذة ترمى كلها الى بيان كيف أن ذهنه كان منصرفا الى المسائل الرياضية المتصلة بموضوع الجاذبية . قالوا انه قد ينهض فى الصباح ولكنه قبل أن يتم ارتداء ملابسه كان يأخذ فى عملياته الحسابية ويبقى مشتغلا بها حتى يوغل فى النهار ايغالا . وكان ينسى نسيانا تاما أنه لم يتناول أقساط غذائه فى حينها .

ويروى أحد أصحابه عنه حكاية لطيفة وقد زاره ذات مرة وهو مشغول فى مكتبه : أتى الغداء ولكن ذلك الرجل العظيم ظل يشتغل فى غرفته ، وأخيرا جلس الصديق وأكل الغداء الذى كان قد أعد لنيوتن . ولما بدا الفيلسوف العظيم بعد ذلك بمدة اعتذر لصديقه من تركه اياه ينتظر . وجلس الى المائدة ولكنه عند ما رفع غطاء المائدة ووجد الأطباق خالية زعم أنه نسى أنه قد تغدى فعلا .

ليست صعوبتنا فى حل مسألة طبيعة الجاذبية مسببة فى الواقع عن نقص فى خبرتنا ، اذ ليس فى القوى ما يقع تحت نظرنا على الدوام كلما جلنا فى سبيل حياتنا اليومية مثل هذه القوة . إن جانب الرياضيات فى الموضوع كامل لدينا الى درجة نسى الناس عندها ضرورة وجود وسط مطلقا . نعم ان كمال قوانين نيوتن فى الجاذبية قد دعا الناس الى الاطمئنان الى فكرة "التأثير على بعد" ولكن لا يفوتنا أن نيوتن نفسه كان يعتبر هذه الفكرة منكرة الى درجة أن قال "لا أظن أن رجلا ذا قوة تفكير صحيحة فى المسائل الفلسفية يقع فيها مطلقا" . حاول نيوتن أن يؤلف نظرية طبيعية لفعل

الجاذبية ففرض وجود وسط ذى أضغاط متفاوتة تعمل على الأجسام . واقترحت نظريات أخرى كثيرة بعد ذلك. زعم بعضهم أن جميع الفراغ مملوء بجسيمات دقيقة تجرى هنا وهناك فى جميع الاتجاهات وتحدث ضغطا على جميع الأجسام بضرب متواصل » وأن الجسمين يقيان بعضهما بعضا من هذا الضغط على الوجهين المتقابلين بحيث ان الضغط الحادث على الوجوه الخارجية يدفع الجسمين بعضهما صوب بعض . ولكن لم يعتبر هذا الرأى وجيها وبسطت نظريات أخرى على قاعدة الكريات ، وحاول آخرون أن يفسروا القوة التثاقلية ويعزوها الى اهتزازات الأثير ، ولكن هناك اعتراضات قاضية على هذه الفكرة أيضا . وعلى كل حال فانا نثق أن الوسط هو الأثير الكلى التخلل وان لم يوجد من يعلل طبيعة التوترا الحادث فيه . انا نشد حجرا مبعدين به عن الأرض ، ومع ذلك فهذان الجسمان يؤثران بعضهما فى بعض .

وقبل عهد نظرية الكهارب رؤى انه اذا كانت المادة عبارة عن تخلخل فى الأثير فلا بد أن يحدث ضغط من الأثير صوب مثل هذا الفراغ الجزئى . ويكون الضغط الحادث بين مثل هذين الفراغين الجزئيين أقل من مسافة الفراغ الموجود بينهما حتى يمكن أن يندفع بعضهما الى بعض . واذا اتضح أن الكهارب عبارة عن أثير متخلخل فان هذه الفكرة يمكن تميتها حتى تصبح نظرية وجيهة .

لنفرض لحظة أننا نستطيع أن نتصور الكهارب الدائرة محدثة نوعا من الفراغ الأثيرى داخل الذرة . فكلما كثر عدد الذرات كثر الفراغ ، وعليه يكون الضغط أشد بحيث يضطر كل المادة الى التحرك معا . ويحتاج الأمر الى جهاز حساس دقيق جدا لكشف التجاذب بين أى قطعتين من المادة ؛ إن أثر جذب الأرض

عليهما أشد بكثير جدا . والواقع أن جميع القوة الجاذبيـة صغيرة جدا وانمـا نلاحظها بسبب عظم كتلة مادة الأرض . أما الجذب الكهربائى فهو أنشط من الجاذبية بملايين من المرات . ففى الصورة المقابلة لصفحة ٤٧ ترى كيف أن الجذب الكهربائى أقوى بكثير جدا من الجاذبية .

ومهما يتضح من أمر الجاذبية فى المستقبل فان هناك بينات كثيرة على أنها ثابتة وانها لا تتأثر بحال ما بسبب أى تغيير نحدثه فى حالة الذرات أوكهاربها ، ولكنا مع ذلك لا يمكننا أن نؤثر فى صلب جسم الدائرة التى تتألف منها الذرة ؛ فهى ثابتة ، وعليه فان لنا أن نأمل أن تأتينا نظرية تربط هذه الكهارب الدائرة بالأثير ، وتحدث ضغطا ثابتا حيث توجد المـادة . نعم مضى قرنان منذ أبرز نيوتن عمله العظيم للدنيا ولكنا لا نفتأ نأمل أن نستكشف طبيعة هـذه الجاذبية .

وليست الجاذبية الأرضية وحيدة فى هذا الصدد . قال لوردكلفن ، بعد حياة طويلة قضاها فى خدمة العلم "لو اننا نستطيع أن نحصل على أقل اشارة الى كيفية قفز قطعة الورق الصغيرة الى الراتنج المدلوك أو ذرة الحديد الى حجر المغناطيس لكنت سعيدا جدا ولاقتنعت مؤقتا ، فلا أسأل الأثير شيئا آخر حتى ولا الجاذبية" .

الباب الخامس والعشرون

ما هى الكهربائية الموجبة ؟

الظل الحادث من عائق يوضع فى أشعة موجبة — الجسيمات الموجبة . تجارب سيرتومسون — كيف تنحرف الأشعة الموجبة — كيف يجعل سلوكها بينا ويدون — الشحنة الموجبة تكون متصلة على الدوام بذرة من المادة — استكشاف الذرات المختلفة — فائدة هذه الطريقة الجديدة من التحليل .

مما ذكر فى الأبواب السابقة يتضح أنه لا يمكن أن يوجد جواب مباشر للسؤال الذى جعلناه عنوانا لهذا الباب . بيد أن السؤال فى ذاته مهم ، وعندنا ما يدعو الى الاعتقاد بأن فيما عمله سيرتومسون الكامبردجى بداية حقيقية فى سبيل الجواب عليه .

بين التجارب العديدة التى عملت عن الجسيمات السالبة واحدة فيها حملت الكهارب الطائرة داخل أنبوبة تفريغ على أن تصدم صليبا معدنيا فتلق بذلك ظلا للصليب على ذلك الجزء من الأنبوبة الذى وقى من الضرب . لاح هذا الظل بالضرورة على جدار الأنبوبة الذى كانت الكهارب تطلق صوبه .

وقد وجد أن فى الامكان انتاج ظل مماثل لذلك عند الطرف المقابل من الأنبوبة ، عندما يوضع صليب معدنى فيما يسمى فراغ كروكس المظلم . من هذه الظاهرة اتضح أن الأشعة الموجبة يلزم أن تكون سائرة فى الاتجاه الصادر من القطب الموجب (المصعد) كما أن الأشعة السالبة تسير من القطب السالب (المهبط) .

رأينا أن الكهربائيـــة السالبة متكوّنة من جسيمات متناهيـــة فى الصغر ، وقد أصبحنا على علم بتلك الكهارب . وقد يزعم الانسان أن الكهربائية الموجبة سيتضح انها مكوّنة من جسيمات منفصلة ولكن لا يوجد أثر يدل على أن الكهربائية الموجبة ذاتية منفصلة

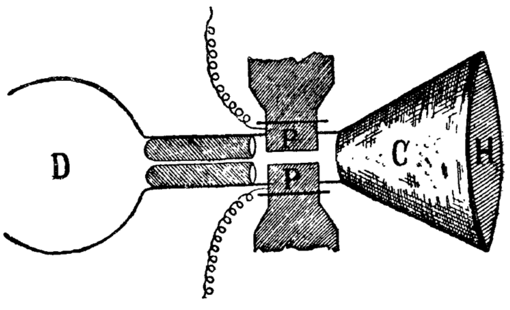
اننا نستطيع أن ننتج مجرى من الكهربائية السالبة خالصا تمام الخلاص من المادة، ولكننا لا نستطيع ذلك فى الكهربائية الموجبة اذ يظهر أنها مقيدة فى ذرات المادة .

الجسيمات الموجبة هى فى الحقيقة ذرات من المادة فقدت تلك الكهارب السالبة التى يمكن أن تزال عنها . هذه الحالة تنشأ عن صدام تيار من الكهارب للذرات ، فى مرور الايكترونات البرق من القطب (المصعد) الى القطب (المهبط) . نقول إن الغاز قد أصبح محللا لايونات، وهذه الذرات من المادة ، وقد شحنت الآن ايجابيا ، تندفع صوب القطب (المهبط) المضاد التكهرب . بهذه الطريقة يحصل عندنا تيار من الجسيمات الموجبة ، وهذه تؤلف الأشعة الموجبة. هذه الجسيمات الموجبة تسير بطبيعة الحال فى الاتجاه المضاد الى الكهارب السالبة .

كل هذا يحدث فيما يسمى بأنبوبة فراغ ، فى حين أنه لا يوجد بين القراء من يتصور أن الأنبوبة قد فرغت من جميع الهواء أو الغاز الذى كان بها . قد يدهش بعضهم اذا عرف عظم مايبقى من جسيمات المادة فى الأنبوبة حتى فى أعظم فراغ يمكن الوصول اليه .

بعد ما نبذل الممكن لاخلاء الأنبوبة الزجاجية من الهواء يبقى مقدار عظيم من الجزيئات يبلغ بالتقريب ألفى مليون فى كل مليمتر مكعب من الفراغ . وهذا فيما يبدو عدد عظيم من الجزيئات ولكن يجدر بنا أن نقارنه بما تحتويه الأنبوبة قبل أن نستعمل المفرغة الهوائية ، فقد كان مقدار الجزيئات الموجودة اذ ذاك فى المليمتر المكعب يعد بألف مليون مليون من الجزيئات .

مما يلذ القارئ أن يتابع التجارب التى ابتدعها سير تومسون ؛ وفى الرسم البسيط لجهازه مايساعد على ايضاح التجارب .



رسم (ط) — أنبوبة لاستكشاف الجسيمات الموجبة

الغرض من هـذا الجهاز هو قذف الأشعة الموجبة فى امتداد لأنبوبة تفريغ حيث تدوّن وجودها بذاتها بواسطة ضرب لوحة ذات تألق فوسفورى أو لوحة فوتوغرافيـة . ونظرا لهـذا التهيؤ الفوتوغرافى سمى امتداد أنبوبة التفريغ "الخزانة" .

فى الطريق الممتد من أنبوبة التفريغ "D" الى الخزانة "C" تمر الأشعة الموجبة خلال الرقبة التى توصل هاتين الغرفتين . وهناك قضيب من الألومينيوم يعمل عمل القطب السالب موضوع فى الرقبة كسدادة . هذا القضيب يسد الطريق تمـاما على الأشعة الموجبة لولا أن هناك أنبوبة نحاسية دقيقة جدا تحدث ممرا خلال القطب السالب ، وتعمل عمل قناة تمر منها الأشعة . ثقب هذه الأنبوبة النحاسـية أقل من عشر مليمتر . بهـذه الطريقة تمر حزمة دقيقة جدا من الأشعة الموجبة ، وتصل الى الخزانة الفوتوغرافية . ولكى نمنع حدوث اضطراب للأشعة فى أثنـاء مرورها بفعل أى تأثير

مغناطيسى شارد أحيطت الرقبة بأنبوبة حديدية سميكة، واتخذت احتياطات أخرى لمنع زيادة احماء المفاصل وغيرها، ولكن لاداعى الى اجهاد أنفسنا بهذه المسائل. اذا لم تزعج حزمة الأشعة الموجبة فانها تضرب الخزانة عند "H" واذا وضع سائل فوسفورى التألق هناك تحدث بقعة من الضوء. واذا استعملت لوحة فوتوغرافية بدلا من ذلك الحائل تركت بقعة الضوء أثرا فى مركز اللوحة الفوتغرافية ولكن الأشـعة الموجبة قد تزعج بفعل مجال مغنـاطيسى أو مجال كهربائى أثناء مرورها فى طريقها الى الخزانة .

P، P تمثلان قطبي مغناطيس كهربائى وقد هيىء الجهاز بحيث يمكن شحنهما كهربائيا . من أجل هـذا عزل طرفاهما من الجسم الأصيل للمغناطيس بواسـطة صفحات رقيقة من حجر الطـلق . فإيصال هاتين القطعتين القطبيتين الى بطارية أعمدة تخزين تنشحن احداهما سلبية والأخرى ايجابيـة طوعا للارادة . وفى امكان قيام القطبين بهذه الوظيفة المزدوجة فائدة ، اذ يمكن تعريض الأشعة الى اثارة مغناطيسية وكهربائية ستاتيكية فى وقت واحد ، وهـذا الترتيب يدعو الانحرافات المترتبة عليه الى أن تكون على زوايا قائمة بعضها من بعض ، وبعبـارة أخرى تنحرف حزمة الأشعة الموجبة عنـد ما تعرض لمجال كهربائى ستاتيكى الى أعلى أو أدنى تبعا لمـا اذا كانت القطعة القطبية موجبة التكهرب أو سالبته .

ويكون تأثير المجال المغناطيسى أن يحرف حزمة الأشعة الى اليمين أو اليسار تبعا لقطعة القطب إن جعلت شمالا أو جنوبا .

سيتضح أن المجال الكهربائى ممكنة تهيئتـه بحيث يحرك بقعة الضوء الى ما فوق مركز الحائل أو اللوحة الفوتوغرافية ، ولكنها تكون دائما على خط رأسى مركزى ، وكذلك يمكن تهيئة المجال

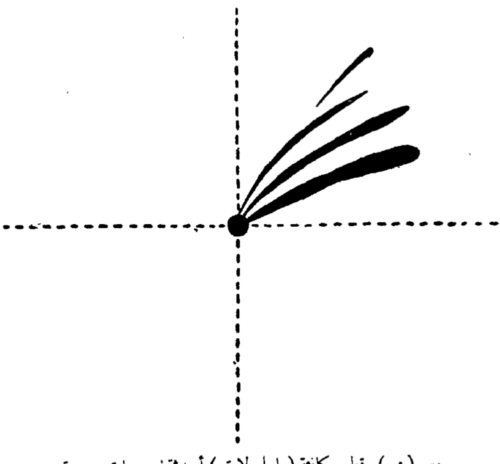
المغناطيسى حتى يحرك بقعة الضوء الى اليسار على استقامة خط أفقى مركزى. وسيتضح أيضا أنه اذا أطلق المجالان معا تحرك بقعة الضوء الى أعلى والى الجانب الأيسر فى موضع ما بين هذين الخطين وفى مروره من مركز اللوحة تكوّن قطعا مكافئا (Parabola) (انظر الرسم ص ٢٨٣) .

ويمكن زيادة مبلغ الانحراف أو نقصه بتغيير قوى المجالين الكهربائى والمغناطيسى ، ولكنهما يبقيان على حالة واحدة أثناء التجربة . فى هذه الأحوال يتوقف مبلغ الانحراف على جرم الجسيمات الموجبة .

وهذا يختلف تبعا للغازات المستعملة فى أنبوبة التفريغ . فاذا استعمل غاز ثقيل فان الانحراف يكون أقل منه اذا استعمل غاز أخف . ويتوقف مقدار الانحراف أيضا على سرعة الجسيمات ولكن لنا أن نغفل هذا الأمر فيما نحن بصدده .

والرسم المرافق (ص ٢٨٣) يعطينا فكرة عن القطع المكافئة (البارابولات) التى تكوّنها الجسيمات المختلفة .

هذه الجسيمات الموجبة ذرات أو جزيئات من المادة ولا تتوقف طبيعة هذه بحال ما على تكوين القطب الموجب، ولكنها تتوقف كليا على طبيعة الغازات المستعملة فى أنبوبة التفريغ . إن مجرى الجسيمات السالبة يحلل الغاز الى ايونات ويحدث هذا التيار من الجسيمات الموجبة . بهذه الطريقة تستكشف العناصر المختلفة الموجودة فى الغاز تبعا لوزنها الذرى وتكون أخف العناصر أشدّها انحرافا بل يدل مبلغ الانحراف على الوزن الذرى .



رسم (ى) قطع مكافئة (بارابولات) أحدثتها جسيمات موجبة

رأينا أن تيارا من الجسيمات الكهربائيـة السلبية (الكهارب) ينبعث منطلقـا من القطب السالب صوب القطب الموجب . هذا التيار المهبطى متكوّن من جسيمات منفصلة من الكهربائية السالبة. ولكن ما ينتقل من القطب الموجب الى القطب السالب هو تيار من ذرات المـادة كل ذرة منها تحمل شحنة من الكهربائية الموجبة، ولا يمكننا أن نفصل الكهربائية الموجبة عن ذرات المادة.

يتضح اذن أن الوصف السابق لهذه التجارب العظيمة لا يتضمن تفصيل أمرها، ولكن كان المقصود منه أن تؤدى معنى التجارب اجمالا ، اذ هى بطبيعة الحال أشد من هذا تعقدا .

ومن المهم جدا أن يعلم أن كل الخطوط التى تتكوّن على اللوحة الفوتوغرافيـة يمكن تعليلها بالأوزان الذرية للعناصر المعروفة الموجودة فى الغازات المستعملة فى أنبوبة التفريغ الكهربائى .

هـذه الطريقة الحديثة فى الكشف يمكن أن تتنـاول مقادير مفرطة فى الصـغر من أى عنصر . فى الفقرات الأخيرة من البـاب الرابع عشر تكلمنا عن القوى الاستكشافية العجيبة للمرقب الطيفى، ولكن طريقة هذا الشعاع الموجب تفوق كل ما عداها. نحن نعلم أن فى ماء البحر مقـدارا دقيقا جدا من عنصر الذهب ولكن يحتاج الأمر الى حجم عظيم جدا من ماء البحر للحصول منه على مقدار ملموس من الذهب ، وكذلك نعلم أن فى الهواء الجوى مقـدارا ضئيلا جدا من غاز الهيليوم، ولكن يحتاج الأمر الى حجم عظيم جدا من الهواء لاستخراج شيء مدرك من هـذا العنصر . ومع ذلك فان طريقة الشعاع الايجابى تسـتطيع أن تسـتكشف وجود الهيليوم فى مقدار من الهواء حجمه سنتيمتر مكعب .

هذه الطريقة الجديدة فى استكشاف العناصر تجرى أبعـد من مجال المرقب الطيفى، اذ أنها تعطى الأوزان الذرية للمواد المفحوصة. ألا أنه لا شك ان هـذا الاستكشاف الذى وفق اليه سيرتومسون سيؤدى الى إلقاء فيض آخر من النور على طبيعة الكهربائية الموجبة.

الباب السادس والعشرون
الخاتمة

دراسة العلوم — تغير الآراء العلمية تغيرا تاما — جهلنا العظيم — محادثة مسلية — موقفنا اليوم — مقام الكهرب فى الكون .

آراؤنا العلمية اليوم مختلفة بالتأكيد جدا عن آراء أجدادنا . فى الأبواب السابقة رأينا شيئا من التقدم العظيم الذى حدث فى غضون حقبة السنوات العشر الأخيرة .

عجيب أننا وجدنا الأشياء تختلف اختلافا شديدا عما تصوره أسلافنا . زعموا أن الضوء والحرارة أشياء مادية . أما نحن فنعلم بوثوق انهما أسلوبان من الحركة فى الأثير الكلى التخلل . كانوا يعتقدون أن ذرات المادة لا تنعدم وانها خالدة ولكن لدينا بينة صريحة فى استكشاف القوة الاشعاعية ، على أن هذا غير الواقع . منذ عهد غير بعيد كانت الكهربائية تعتبر أسلوبا من الحركة ، نوعا من الطاقة ، والآن نعلم أنها شيء حقيقى موجود اكتسبنا عن جسيماته مقدارا عظيما من العلم الصحيح فى غضون بضع السنوات الأخيرة ، ومع ذلك فكما نرى الآراء العلمية التى قال بها أسلافنا أمورا بحة غفلا أولية فقد ترى الأجيال المقبلة آراءنا كذلك .

إنا نحس تماما أن هناك مقدارا عظيما من الأمور لانعرف عنها شيئا والذى نعرفه قليل جدا . مثال ذلك أننا لا نعلم شيئا أصلا عن طبيعة الأثير أو الحياة أو الكهربائية الموجبة . وفى باب سابق رأينا أن المسألة الواقفة من قديم الزمن ، مسألة طبيعة الجاذبية لا تزال كما هى غير محلولة . على أن هذه أمثلة قليلة مما نجهل ولكن من حسن الحظ اننا ندرك أنه يعوزنا العلم بشيء كثير . قال سينسيل :

أول خطوة الى العرفان معرفتنا أننا جاهلون

قدمت سيدة الى العالم الفرنسى العظيم أراغو (Arago) وسألته عدة أسئلة محيّرة فأجاب بتواضع «سيدتى أنا لا أدرى» نخيل اليها أن من الغريب أن يكون رجل عالم مثل أراجو جاهلا كل هذا الجهل ، ولما سألته كيف تأتّى له وهو فى طليعة العلماء أن يجهل هذه الأمور لم يزد على أن أجابها بقوله «سيدتى أنا لا أدرى» .

يصادف أحيانا أن نلاقى الانسان الذى يعرف كل شىء. فهو يفخر لصديقه بأنه يعطى جوابا ما عن كل سؤال. لا حاجة بنا الى القول بأن هذا الانسان يعوزه الروح العلمى الحقيق ، بل إن هذا الرجل مع ذلك يكون فى العادة مستعدا للاعتراف بأنه يجهل ماهية الكهربائية. كنت منذ بضع سنين مسافرا فى قطار السكة الحديدية فسمعت محادثة ظريفة بين راكبين بجوارى ، كلاهما تربى فى الريف، ولكن ظهر أن أحدهما كانت له صلة ما فى المدينة بعمل كهربائى . قال صاحبه : ويك يا رجل ، انك لا تعرف ما هى الكهربائية ، وقد دهشت عند ما سمعت الصاحب المتهم يقول «إنه يعرف» قال فى شرحه : إن الكهربائية مصنوعة من حامض الكبريتيك والرصاص ؛ وفى هذا الجواب ما يدل على أن له بعض المعرفة بالمراكم .

موقفنا الحقيق اليوم هو هذا : نجد كهارب غير منظورة عاملة فيما حولنا . هذه الجسيمات الدقيقة من الكهربائية السالبة تكوّن أشكال انتظام شتى . هذه الأشكال هى ذرات المادة [1] والذرة هى مصغر مجموعة شمسية مؤلفة من كهارب دائرة . على أطراف هذه المجموعة الدائرة توجد كهارب تابعة (قمرية) تبعث أمواجا فى أثير الفراغ المحيط ، هذه الأمواج نسميها ضوءا وحرارة .

(١) المفهوم بطبيعة الحال أنه لا بد من وجود معادل من الكهربائية الايجابية سواء صورناها كرة أو غير كرة .

ثم هناك كهارب قابلة للانفصال يمكنها أن تنتقل من ذرة الى أخرى . واطراد تحرك مثل هذه الكهارب على مدى سلك يكوّن تيارا كهربائيا متواصلا ، أما ترجحها إلى الأمام والخلف فيسمى تيارا كهربائيا متبادلا . واذا كانت الحركة الترجحية سريعة سرعة كافية بعثت هذه الكهارب فى الأثير تلك الأمواج اللاسلكية التى نرسل بها الأخبار من السفن واليها فى عروض البحار .

و بخائية انطراد هذه الكهارب القابلة للانفصال من جسم الى جسم يكوّن تفريغا كهربائيا . تنطلق هذه الكهارب مثل الرصاص من الشيء إلى الآخر .

نحن نرى كيف أن تفريغا من الكهارب من الشمس الى الأرض يحدث بخرا و يهيىء نوى لتكوين سحب فى الجو الأعلى ، و يعلل وجود الكهربائية الجوية وما يصاحبها أحيانا من مظاهر البرق .

ونرى أن الأرض قد أصبحت بسبب تراكم هذه الكهارب جسما مشحونا كهربائية سلبية .

ونرى كيف أن الحركة المطردة للكهارب (أى التيار الكهربائى) تحدث اضطرابا معينا فى الأثير المحيط ، وهذا نسميه مجالا مغناطيسيا . ونعلل مغناطيسية الأرض بسيل الكهارب فى قشرة الأرض ، وأن حركة هذا السيل مسببة عن اختلاف درجة الحرارة .

ونرى بعض الذرات تنزل عن كهرب قابل للانفصال أو أكثر ، وتقبله ذرات أخرى فتحدث اذ ذاك اضطرابا فى توازنها الكهربائى وتدعو الذرات الى جذب بعضها بعضا واتحادها اتحادا كيماويا . وبهذه الطريقة نعلل حدوث جميع صنوف المواد المركبة المعروفة .

نجد أن الكهارب مهما يكن مصدر الحصول عليها تكون دائما متطابقة .

قال الرايت اونورابل أ . ج . بالفور فى صدد نظرية الكهرب هذه حينما رأس مجمع العلوم البريطانية "يقر جميع الناس فيما اعتقد أن مثل هذه المحاولة الجريئة ، محاولة توحيد الطبيعة المادية يثير مشاعر الارتياح الشديد جدا ، اذ يكاد يكون الارتياح الذى تبعثه إحساسا بالجمال من حيث شدته ونوعه . انا لنشعر بنفس هذا الصنف من الانفعال السار عندما نرى على حين بجأة من قمة ممر تنقبض له النفس جلائل السهل والنهر والجبل ممتدة أسفلنا على بعد .

ونرى أن هناك ترقيا تاما من الكهارب الى الذرات والجزيئات ثم الى القوة ثم الى الكهارب ثانية خلال القوة الاشعاعية . ولقد رأينا أن نشوء الانسان وترقيه لا يشغل فى هذا النشوء العام الا جزءا صغيرا جدا من الوقت العظيم الذى يحتاج اليه التغير والانتقال من حالة المادة غير الحية الى المادة الحية . كانت الذرات التى تكون أجسامنا موجودة منذ وضعت آساس الدنيا ، وعند ما نرحل عن هذا الكوكب ستبقى الذرات فى صورة من الصور . قال شكسبير :

قد ترى قيصر المعظم إذ ما ت وأضحى رهن الفناء رمادا
مالئا جوف نقرة فى جدار ليصد الرياح عنها بدادا

ألا انما تعنى العلوم بما هو طبيعى ومادى . فاذا استشهدنا بمثل ما اقتبسناه هنا عن شيكسبير فى رواية "هملت" فانما نقتصر على جانبها المادى وحده فيما يختص بالانسان ، أما العلوم الحقة فلا تنشد حرمان الانسان روحه أو اقصاء الخالق جل وعلا من كونه ، بل تعمل باخلاص على درس صنعه المدهش واكتناه حكمته البالغة .

الملحق الأول

المواد المكونة للعالم

الجداول الآتية مؤسسة على البيانات التى قررتها اللجنة الدولية فى سنة ١٩٠٦ الأولى مرتبة حسب الحروف الأبجدية [1] كما هو المعتاد. وقد رتبت العناصر فى الجدول الثانى تبعا لأوزانها الذرية. أما الجدول الثالث فيتضمن العناصر تبعا لتواريخ استكشافها .

أسماء العناصر بترتيبها الأبجدى

الالومينيوم	البرومين
الأنتيمون	البلاديوم
الارغون	البلاتينيوم
الأربيوم	البوتاسيوم
الأورانيوم	البراسيوديميوم
الايدروچين	الجرمانيوم
الانديوم	الهيليوم
الاريديوم	الزرنيخ
الاوكسيچين	الزينون
الأوزميوم	الزركونيوم
الايتربيوم	الزئبق
الايتريوم	الحديد
الباريوم	اليود
البريليوم (ويسمى أحيانا الجلوسينيوم)	الكادميوم
البزموت	الكازيوم
البورون	الكالسيوم

(١) رتبت العناصر فى الترجمة تبعا للأبجدية العربية (المترجم)

الكبريت
الكربون
الكلور
الكروميوم
الكوبالت
الكولومبيوم (نيوبيوم)
الكريبتون
اللانتانوم
الليتيوم
المغنيزيوم
المنغانيز
الموليبدينوم
النحاس
النيوديميوم
النيون
النيكل
النيوبيوم (كلومبيوم)
النيتروچين
السماريوم
السكانديوم
السلينيوم
السليكون
السترنتيوم
السيريوم
السيزيوم
الفلورين
الفضة الغانانيوم
الفاناديوم
الفوسفور
الصوديوم
القصدير
الراديوم
الروديوم
الروبيديوم
الروتنيوم
الرصاص
التانتالوم
التلوريوم
التربيوم
التاليوم
التوريوم
التوليوم
التيتانيوم
التانجستين
الخارصين
الذهب
الغادولينيوم
الغاليوم
الغلوسينيوم (بريليوم)

يلاحظ أن العناصر التى نجدها فى التغيرات المسببة عن القوة الاشعاعية ، مثل غاز "الانبعاث" غير مدرجة فى هـذا الجدول لأنها معروفة لنا بخواصها الاشعاعية الفعالة دون سواها .

العناصر تبعا لأوزانها الذرية

الايدروچين ...	١,٠٠٨	التيتانيوم	٤٨,١
الهيليوم	٤,٠٠	الفانديوم	٥١,٢
الليتيوم...	٧,٠٣	الكروميوم	٥٢,١
الفلوسينوم	٩,١	المنغانيز	٥٥,٠
البورون	١١,٠	الحـديد	٥٥,٩
الكربون	١٢,٠	النيكل	٥٨,٧
النتروچين	١٤,٠٤	الكوبالت	٥٩,٠
الأوكسيچين ...	١٦,٠	النحاس	٦٣,٦
الفلورين	١٩,٠	الخارصين	٦٥,٤
النيون	٢٠,٠	الغـاليوم	٧٠,٠
الصوديوم	٢٣,٠٥	الجرماتيوم	٧٢,٥
المغنيزيوم	٢٤,٣٦	الزرنيخ...	٧٥,٠
الالومينيوم... ...	٢٧,١	السلينيوم	٧٩,٢
السليكون	٢٨,٤	البرومين	٧٩,٩٦
الفوسفور	٣١,٠	الكريبتون	٨١,٨
الكبريت	٣٢,٠٦	الروبيديوم... ...	٨٥,٤
الكلورين	٣٥,٤٥	السترنتيوم	٨٧,٦
البوتاسيوم	٣٩,١٥	الأتريوم	٨٩,٠
الأرغون	٣٩,٩	الزركونيوم	٩٠,٦
الكالسيوم	٤٠,١	الكولومبيوم ...	٩٤,٠
السكانديوم... ...	٤٤,١	المولبيـدنيوم ...	٩٦,٠

الروتينيوم	١٠١,٧	الغادولينيوم ...	١٥٦,٠
الروديوم	١٠٣,٠	التربيوم	١٦٠,٠
البلاديوم	١٠٦,٥	الأربيوم	١٦٦,٠
الفضة	١٠٧,٩٣	التوليوم	١٧١,٠
الكادميوم	١١٢,٤	الايتربيوم	١٧٣,٠
الأنديوم	١١٤,٠	التانتالوم	١٨٣,٠
القصدير	١١٩,٠	التانغستين	١٨٤,٠
الأنتيمون	١٢٠,٢	الأوزميوم	١٩١,٠
اليود	١٢٦,٨٥	الأريديوم	١٩٣,٠
التليريوم	١٢٧,٦	البلاتينيوم	١٩٤,٨
الزينون	١٢٨,٠	الذهب	١٩٧,٢
السيزيوم	١٣٢,٩	الزئبق	٢٠٠,٠
الباريوم	١٣٧,٤	التاليوم...	٢٠٤,١
اللانتانوم	١٣٨,٩	الرصاص	٢٠٦,٩
البراسيوديميوم ...	١٤٠,٥	البزموت	٢٠٨,٥
السيريوم	١٤٠,٢٥	الراديوم	٢٢٥,٠
النيوديميوم... ...	١٤٣,٦	التوريوم	٢٣٢,٥
السماريوم	١٥٠,٠	الأورانيوم	٢٣٨,٠

الاوزان الذرية المبينة هنا ليست على اعتبار الايدروجين وحدة بل على اعتبار أن الأوكسيجين ١٦ ؛ على أن الطريقتين مستعملتان عادة ، غير أن الطريقة الاخيرة أفضل لأن من شأنها أن تنتج أوزانا ذرية على صورة أعداد صحيحة لكثير من العناصر ، ويلاحظ أن الثلاثة العناصر الأثقل وزنا ذوات قوى اشعاعية شديدة .

العناصر بترتيب استكشافها

سنة	العنصر	المستكشف
١٤٥٠	الأنتمون	ڤالنتين (كيماوى جرمانى)
١٤٥٠	البزموت	
١٥٤٠	الخارصين	باراسلسوس (كيماوى سويسرى)
١٦٩٤	الزرنيخ	شرؤدر (جرمانى)
١٧٣٣	الكوبالت	براندت »
١٧٣٨	الفوسفور	» »
١٧٥١	النيكل	كرونستاد (رومى)
١٧٦٦	الايدروجين...	كافنديش (انكليزى)
١٧٧٢	النتروجين	روترفورد »
١٧٧٤	المنغانيز	جاهن (أسوجى)
١٧٧٤	الأوكسيجين...	بريستلى (انكليزى)
١٧٨٠	الأورانيوم	كلابروث (جرمانى)
١٧٨١	التنغستين	ديليهوچار (اسبانى)
١٧٨٢	المولبدينوم	هيلم (أسوجى)
١٧٨٢	التلوريوم	ريشنستين (جرمانى)
١٧٩٥	التيتانيوم	كلاپروث
١٧٩٧	الكروميوم	ڤوكلين (فرنسى)
١٨٠١	التانتالوم	هاتشن (انكليزى)
١٨٠١	السيريوم	برزيلوس وهيسنجز (أسوجيان)
١٨٠١	القاناديوم	دل ريو (أسبانى)
١٨٠٣	الأوزميوم	تنانت (انكليزى)
١٨٠٣	البالاديوم	ولاستون (انكليزى)
١٨٠٤	الاريديوم	تنانت (انكليزى)
١٨٠٤	الروديوم	ولاستون (انكليزى)
١٨٠٧	البوتاسيوم	داڤى (انكليزى)
١٨٠٧	الصوديوم	» (»)

(تابع) جدول العناصر بترتيب استكشافها

سنة	العنصر	المستكشف
١٨٠٨	الباريوم	دافى (انكليزى) و برزيلوس (أسوجى)
١٨٠٨	السترونتيوم	دافى (انكليزى)
١٨٠٨	البورون...	دافى (انكليزى) وكاى-لوساك(فرنسى)
١٨٠٨	الماغنيزيوم	دافى
١٨٠٨	الكالسيوم	دافى (انكليزى) و برزيلوس (أسوجى)
١٨١٠	الكلورين	دافى (انكليزى)
١٨١٠	الفلورين	امپير (فرنسى)
١٨١١	اليودين...	كورتوا (فرنسى)
١٨١٧	السيلينيوم	برزيليوس (أسوجى)
١٨١٧	الليثيوم	أرفيدسون (أسوجى)
١٨١٧	الكادميوم	هرمان واستروميار (أسوجيان)
١٨٢٣	السليكون	برزيلوس (أسوجى)
١٨٢٤	الزيركونيوم	« (»)
١٨٢٦	البرومين...	بالارد (فرنسى)
١٨٢٧	البريليوم	وهلر (جرمانى)
١٨٢٨	الالومينيوم	« (»)
١٨٢٨	التوريوم	برزيليوس (أسوجى)
١٨٢٨	الأنتريوم	وهلر (جرمانى)
١٨٤١	اللانتانوم	موساندر (أسوجى)
١٨٤٣	التربيوم	« (»)
١٨٤٣	الأربيوم	« (»)
١٨٤٤	الروتنيوم	كلوس (جرمانى)
١٨٤٦	الكولمبيوم	روز (انكليزى)
١٨٦٠	الكازيوم	بنصن وكرشلوف (جرمانى)
١٨٦٢	التاليوم	كروكس (انكليزى)
١٨٦٣	الأنديوم	ريش وريشتر (جرمانيان)

(تابع) جدول العناصر بترتيب استكشافها

السنة	العنصر	المستكشف
١٨٦٨	الهيليوم (فى الشمس)... ...	لوكيار (انكليزى)
١٨٦٨	الروبيديوم	بنصن (جرمانى)
١٨٧٥	الغاليوم...	بواز بودران (فرنسى)
١٨٧٨	الايتربيوم	ماريناك (فرنسى)
١٨٧٨	التوليوم...	كلاف (أسوجى)
١٨٧٩	السكانديوم	نيلسون (أسوجى)
١٨٧٩	السماريوم	بوازبودران (فرنسى)
١٨٨٥	البراسيوديميوم	ولشباخ (جرمانى)
١٨٨٥	النيوديميوم	» (»)
١٨٨٦	الغادولينيوم	ماريناك (فرنسى)
١٨٨٦	الجرمانيوم	ونكلر (جرمانى)
١٨٩٤	الارغون	رايلاى ورمساى (انكليزيان)
١٨٩٥	الهيليوم (فى الأرض) ...	رمساى (انكليزى)
١٨٩٧	الكريبتون	» ترافرس (انكليزى)
١٨٩٨	الزينون...	» » (»)
١٨٩٨	النيون	» » (»)
١٨٩٨	الراديوم	كيورى (فرنسى)

لا يدهش الانسان اذ يجد العناصر الشائعة — كالحديد والنحاس والذهب والفضة والرصاص والكربون — غير مدرجة فى الجدول السابق، اذ ليس عندنا ما يستدل منه على تاريخ استكشافها فى قديم الزمن . ومن الأسماء العجيبة المطلقة على كثير من العناصر يستنتج الانسان أن هذه العناصر قد استكشفها أجانب [1] .

(١) عن انكلترا (المترجم)

ومن العناصر الستة الأخيرة خمسة استكشفها سير وليام رمساى . أما آخر عنصر فى الجدول ، وهو الراديوم ، فهو استكشاف فرنسى .

وقد يعجب بعضهم اذ يرى الأورانيوم فى الطلائع . نعم إن خواصه الأشعاعية الفعالة لم تعرف الا فى سنة ١٨٩٦ ولكنه استكشف فعلا فى سنة ١٧٨٠

الملحق الثـانى

مذكرة تاريخية عن نظرية الضوء الحديثة

١٨٠٤

اعتقد الانسان لمدة مائة سـنة أو تزيد أن الضوء مكوّن من كريات مادية كما زعم سير اسحاق نيوتن عند مختتم القرن السابع عشر. ولذا فاننا ندرك مقـدار الصعوبة التى لاقاها أولئك الذين عاشوا فى أوائل القرن التاسع عشر فى قبول الرأى الجديد الذى أدلى به الأستاذ يانج العضو بالمعهد الملكى بلندرة اذ قال : ان الضوء ليس الا حركة موجية فى الأثير. شرح الدكتور يانج نظريته فى المحاضرة التى ألقاها سـنة ١٨٠٤ (The Bakerian Lecture) والتى نشرت بتمامها فى مجموعة الأبحاث الفلسفية The Philosophical Transactions لتلك السنة . وقد سبق لى أن أشرت الى النقد الذى ظهر فى مجلة ادنبره (Edinburgh Review) لسنة ١٨٠٤ (ص ٩٧ المجلد الخامس) فهى تتضمن سبع صفحات من النقد المتر يسائل الانسان نفسه اذا قرأها : ماذا كان يقول الناقد لو أنه عاد الى الأرض و رأى أن الدكتور يانج كان على تمـام الحق ، وهنـا أدرج بعض مقتبسات من ذلك النقد لمن لا يسهل عليـه الرجوع الى تلك المجلة القديمة .

بعد أن أشار الناقد الى عبارات التأنيب التى وجدت المجلة ضرورة توجيهها فيما سبق الى الدكتور يانج قال : «إن هذه المحاضرة تشـتمل على مزيد من الأوهام ومزيد من الخلط ، ومزيد من النظريات الفرضـية العديمة الأسـاس . ومزيد من الخرافات القصصية الفارغة . . . . . كل هـذا صادر من ذلك الذهن الخصب ، وان كان غير مثمر ، ذهن نفس ذلك الدكتور يانج

الخالد . . . . . . فى العدد الثانى من مجلتنا شرحنا بطلان قانون التدخل ، الذى سر الكاتب أن يطلقه اسما على افتراض من أشد الافتراضات استعصاء على الإدراك فيما نذكر أننا صادفنا فى تاريخ النظريات الانسانية . . . . . . ولكن الدكتور يانج ، فى الحق ، سريع التمخض عن النظريات الفرضية . وسواء أكانت هذه الأشياء الوخيمة ذات نمو سريع بالفطرة كالأعشاب الزهمة ، أم أنه ذو عقل وثاب ونشاء......"ثم يأخذ الدكتور يانج يهدم بضربة واحدة جميع نظرية نيوتن الضوئية ويبين ، استنادا الى مقاييس نيوتن نفسه،أن فكرته القائلة بوجود جسيمات متحركة بدافع قوة قاذفة ، باطلة بطلانا تاما . ان عملية هذا الهدم السريع غريبة فيما يلوح لنا ، ونحن نخصها بالاقتباس للدلالة على طريقة الدكتور يانج " .

ثم يتلو ذلك اقتباس كثير من محاضرة الدكتور يانج التى ثبت اليوم صدق كل كلمة فيها أما الناقد فينعتها بأنها " مسألة باطلة من مسائل ما وراء الطبيعة " وقد اختتم الناقد استعراضه للمحاضرة بهذه الكلمات " والآن نصرف عنا أحلام هذا المؤلف الطبيعية بعد إذ بحثنا فيها على غير جدوى عن بعض أثارات من العلم ، والدقة ، والذكاء تعوّض عن نقصها الصريح فى قوى التفكير القويم . شرعنا فى فحص المحاضرة وليس بنا من روح التحامل إلا ذلك القسط المسموح به ضد النظريات الفرضية الفارغة التى اكتسح بها جميع عشاق العلم الحقيقيين على مدى قرن كامل ونصف " اه .

فى النقد الذى نقلنا عنه هذه المقتبسات محاولة من الكاتب فى نقض نظرية يانج ، ولكن الظاهر من جميع أجزاء النقد أن الصعوبة التى يستشعرها الناقد أنه عاجز عن ادراك حقيقة الأثير .

ومما يهم القارئ معرفة أن نظريات الموج كانت شائعة قبل عهد نيوتن ولكنها لم تكن سائغة وقد أهملها الفيلسوف العظيم قصدا . واسم «هوجنس» معروف جيدا فى صدد النظريات الموجيـة .

١٨١٥

فرسـنل الفرنسى قام بشىء كثير فى سبيل ترقيـة نظرية الضوء الموجية . وهو وان كان قد كتب الى صديق له فى الثامن والعشرين من ديسمبر سـنة ١٨١٤ يسأله أن يرسل اليه بعض كتب اذ أنه لم يكن يعرف معنى "تقطيب الضوء" فقد أصبح فى نهاية السنة التالية من خير الثقات فى هذا الموضوع .

١٨٤٥

ميشيل فارادى (أمير المجربين) عند ما كان يشـتغل فى المعهد الملكى بلندن سـنة ١٨٤٥ استطاع أن يبين العلاقة الحقيقية الموجودة بين الضوء والمغناطيسـية . فقد أدار حزمة من الضوء المستقطب بواسطة مغناطيس قوى .

١٨٦٤

كلارك مكسويل (كامبردج) وضع العمليات الرياضية الخاصة بنظرية الضوء الكهراطيسية وأعلن اعتمادا على عملياته أن لا بد فى الأثير من أمواج كهربائية أطول من المعتاد ، طبيعتها طبيعة الضـوء ، ولم يقتف أثر هـذه الأمواج بالتجارب أبد ربع قرن تقريبا .

١٨٧٦

الدكتور جون كر (جلاسجو) أمكنه أن يبرهن على أن حزمة الضوء المستقطب تتأثر اذا هى سقطت على قطب مصـقول لمغناطيس كهربائى عند ما تنعكس عنه .

١٨٨٠

ه . أ . لورنتز (امستردام) قال ان الضوء مسبب عن كرى دقيقة مشحونة كهربائيا ودائرة حول ذرات المادة . وقد وضع العمليات الرياضية الخاصة بهذه النظرية وحاول كثير من الناس أن يجدوا لها برهانا تجريبيا ولكنهم عجزوا عن ذلك حينذاك .

١٨٨٨

هنريخ هرتز (جرمانيا) استكشف وقاس الأمواج الكهربائية التى تنبأ عنها كلارك ماكسويل قبل ذلك العهد بأربع وعشرين سنة . أثبت هرتز أن هذه الأمواج لها نفس الخواص التى للضوء تماما ، سوى أنها ذات أطوال موجية أعظم . وقد أكمل استكشاف هرتز هذا ، العلاقة التى بين الكهربائية والضوء ، واليوم لا ينازع انسان فى صدق نظرية كهراطيسية الضوء .

١٨٩٦

الأستاذ زيمان (هولاندا) اتى بالبرهان التجريبى على صدق نظرية لورنتز ، وأثبت أن الكهارب الدائرة تتأثر بفعل المجال المغناطيسى القوى اذ تتغير سرع دورانها كما هو مشروح فى ص (٢٠٩)

الملحق الثالث

بيانات عن بعض خصائص الأمواج الأثيرية

جميع الأمواج الأثيرية ذات طبيعة واحدة وانما تختلف فى أطوالها الموجية . وترى الأصناف الآتية فى الطيف المذكور :

الأمواج التى تحدث احساس الأحمر ٣٤٠٠٠ موجة تقريبا فى البوصة .

الأمواج التى تحدث احساس البرتقالى ٣٧٠٠٠ موجة تقريبا فى البوصة .

الأمواج التى تحدث احساس الأصفر ٤٢٠٠٠ موجة تقريبا فى البوصة .

الأمواج التى تحدث احساس الأخضر ٤٨٠٠٠ موجة تقريبا فى البوصة .

الأمواج التى تحدث احساس الأزرق ٥١٠٠٠ موجة تقريبا فى البوصة .

الأمواج التى تحدث احساس النيلى ٦١٠٠٠ موجة تقريبا فى البوصة .

الأمواج التى تحدث احساس البنفسجى ٦٤٠٠٠ موجة تقريبا فى البوصة[١] .

واذ كانت سرعة سير هذه الأمواج هى ١٨٦٠٠٠ فى الثانية فان عدد الأمواج التى تمر بأى نقطة فى ثانية واحدة تكون :

---

(١) يلاحظ انه يوجد بين الطرف الأقصى من الأحمر والطرف الأقصى من البنفسجى من الطيف كل صنف من الطول الموجى — ما بين واحد على ٣٢ ألف وواحد على ٦٤ ألف من البوصة .

الأمواج التى تحدث احساس الأحمر ٤٠٠ بليون فى الثانية تقريبا .

الأمواج التى تحدث احساس البرتقالى ٤٤٠ بليون فى الثانية تقريبا .

الأمواج التى تحدث احساس الأصفر ٥٠٠ بليون فى الثانية تقريبا .

الأمواج التى تحدث احساس الأخضر ٥٧٠ بليون فى الثانية تقريبا .

الأمواج التى تحدث احساس الأزرق ٦٠٠ بليون فى الثانية تقريبا .

الأمواج التى تحدث احساس النيلى ٧٠٠ بليون فى الثانية تقريباً .

الأمواج التى تحدث احساس البنفسجى ٧٥٠ بليون فى الثانية تقريبا .

هذه الأرقام تعطينا كذلك سرع الدوران الذى تقوم به الكهارب حول ذراتها لإحداث هذه الأمواج الأثيرية .

من الرسم الآتى نرى أن تلك الأمواج التى تحدث الابصار عندنا تشغل جزء صغيرا من المدى الكلى للأمواج الأثيرية . عندنا هنا فكرة لوحة بيانو طويلة تتضمن سبعة وعشرين سلما . أوطأ مقام فيها أى أقل سرعة اهتزاز ٥٠ مليون هزة فى الثانية ، ولكننا نعلم أنه توجد أمواج أطول من ذلك بكثير فى بعض نظم التلغرافية اللاسلكية. فى الطرف الأقصى من اللوحة نجد أعلى مقام أو أكثر سرعة اهتزاز وهى ٣٠٠٠ بليون اهتزاز فى الثانية .

أمواج كهربائية طويلة — ١٢ سلما

غير معروفة — ٥ سلالم

أمواج الحرارة المظلمة — ٧ سلالم

الضوء المنظور — ١ سلم

فوق البنفسجى — ٢ سلم

رسم (ه)

مدى الأمواج الاثيرية

يساعد هذا الرسم على إدراك صغر مقدار الأمواج الاثيرية التى تؤثر فى أبصارنا . فى الجانب الايسر من الرسم ترى لوحة بيانو عادية ذات سبعة مقامات . اللوحة كبيرة طويلة مكونة من ٢٧ سلما تمثل مدى الأمواج الأثيرية . وقد بينت عليها المواقع النسبية للأمواج الكهربائية والاشعاعات الحرارية ،والضوء المنظور وللضوء فوق البنفسجى ،وأعطيت بيانات اضافية فى متن الكتاب .

واذا أردنا أن نضيف الى هذا أشعة رونتجن وجب أن نمد الرسم بمقدار عشرة سلالم أو احد عشر سلما وراء الطرف فوق البنفسجى . وعندئذ تمثل سلمان أو ثلاثة فى الطرف الأقصى الأشعة السينية .

الملحق الرابع

الكهارب غير المنظورة

قد يشتهى بعض القراء أن يزداد من العلم بالطرق المتبعة فى عد الكهارب وفى تقدير معدلات سرعتها ، ومع ذلك فقد لا يهمهم أن يوغلوا فى الموضوع ايغال الكتب الدراسية فيه . فى الباب الثالث اكتفينا بتناول العموميات تاركين اتمام التفاصيل لمن يهمهم أن يفعلوا ذلك من البيانات المدرجة هنا .

رأينا أنه كان من الطبيعى أن يحكم بأن الكهارب جسيمات مشحونة شحنة سلبية لأنها تنطلق أو تنطرد عن المهبط أى القطب السالب . هذه المسألة يمكن وضعها موضع الاختبار . اذا وضعنا وعاء معدنيا صغيرا داخل أنبوبة فراغ حتى تدخله الجسيمات المهبطية أى الكهارب نستطيع أن نختبر نوع التكهرب ، بل نستطيع أكثر من ذلك . يمكننا أن نقيس مقدار الشحنة الواردة من تيار مهبطى معين فى وقت معين . على أن مهمتنا الأساسية هى عد الكهارب غير المنظورة ، وهو أمر يخيل الينا أنه مستحيل استحالة تامة . ولكننا نعلم أن هذه الاستحالة المتخيلة قد بطلت وأمكن تحقيق موضوعها .

يحسن بنا أن نبدأ بالكلام عن تجارب أيتكن (Aitken) لعدّ جسيمات العثير غير المنظورة التى يشتمل عليها الهواء ، اذ أن الطريقة التى استعملها لهذا الغرض كانت بمثابة الخطوة الأولى نحو الطريق المؤدى الى تحقيق العمل العظيم الأخير ألا وهو عدّ الكهارب .

أبان أيتكن أن تجاربه مؤسسة على الثابت من أن بخار الماء يكثف على جسيمات الغبار غير المنظورة فى الجو ، ولكنها لا تكثف

على الهواء الخالى من الغبار . ولذلك عمد فصفى جميع ما يشتمل عليه جرم معلوم من الهواء بامراره فى سدادات من صوف الزجاج . أخذ كرة زجاجيـة ملأى بهواء خال من الغبار وكرة مثلها ملأى بهواء عادى وأدخل قليلا من بخار المـاء فى كل منهما فتكوّن سحاب على الفور فى الزجاجة التى تشتمل على الهواء العـادى ، ولم يتكون سحاب أو ضباب فى الهواء الخالص من الغبار فى الزجاجة الأخرى. قبل إدخال البخار لا يمكن الانسـان أن يرى فرقا بين محتويات الوعاءين . كان كلاهما مملوءا بهواء غير منظور . وانمـا ظهر جليا أن هناك اختلافا حقيقيا عندما أدخل البخار فيهما . تكثف البخار على جسيمات الغبار غير المنظورة فى الوعاء المشتمل على الهواء العادى و بقى معلقا على صورة سحاب . أما الوعاء الثـانى الذى لم يكن به من جسيمات الغبار ما يعمل عمل النواة فقـد ظل رائقا وتكثف البخار على جدران الوعاء . وهذا ما كان يحدث فى حياتنا العادية لولا وجود جسيمات دقيقة فى الجو . لولاها ما كان عندنا مطر ولكن كانت جدران منازلنا وكل شىء آخر تلوح مبللة .

ووجد ايتكن أنه بتغييره مقادير جسيمات الغبار فى الهواء الذى تشتمل عليه كرتا الزجاج يستطيع أن يمثل به ضباب لندن القـاتم أو " شابورة " سكوتلاندا أو رذاذ مطر . فاذا كان هناك مقـدار عظيم من جسيمات الغبار فى الهواء فان بخار المـاء عند التكثف يقسم نفسه عليها جميعها وتبقى كل ذرة منهـا سابحة فى الهواء، وليس عليهـا الا مقدار قليل من بخار المـاء الموزع على الجميع . ولذلك يكثر الضباب الكثيف فى المدن الكبيرة .

ووجد أيضا بالتجربة أن وجود مقدار قليل من الغبار فى الهواء يعنى أن كل ذرة من الغبار تمسك بمقدار أكبر من بخار المـاء، وبهذه

الطريقة تنتج شابورة اسكوتلاندا[1] . فى هذه الحالة تكون ذرات الغبار ، أى جسيماته أشد تحملا للبخار من جسيمات الضباب ،ومع ذلك فان هذه الجسيمات الغبارية الثقيلة الحمل تقدر على السباحة لمدة وجيزة فى الهواء . ودلت التجارب الأخرى على أنه اذا كانت جسيمات الغبار الموجودة أقل مما سبق ، واذا كانت هناك رطوبة كثيرة فى الهواء تتكون نقطة منظورة من الماء حول كل جسيم من الغبار وتقع هذه الجسيمات التى حملت فوق استطاعتها على صورة مطر .

وقد خطر لإيتكن أنه اذا استطاع أن يعد نقط المطر أمكنه أن يعرف مقدار جسيمات الغبار الموجودة فى الهواء . وقد استطاع أن يصل الى هذا بواسطة حمل نقط الماء الدقيقة المتكونة فى سنتيمتر مكعب من الهواء على أن تسقط على مرآة مفضضة صغيرة . كانت المرآة قد قسمت الى عدد كبير من الأجزاء المتساوية وعدت نقط المطر التى يشتمل عليها جزء من هذه الأجزاء بواسطة عدسة مكبرة قوية .

(١) فى بعض الأبواب السابقة تكلمنا عن الوسائل العديدة المستعملة فى تحليل الهواء الى ايونات . ان شرارة كهربائية ، أو مرور أشعة رونتجن أو تشععات الراديوم تحلل الهواء الى ايونات . ويذكر القارئ أن التحليل الى ايونات معناه فصل الذرات الموجبة والذرات السالبة التى تكوّن جزيئات الغاز لاعطائنا ايونات(ions) موجبة أو جزّالة . بل إن احداث رشاش فى الماء قد يدعو بعض جزيئات الهواء المحيط الى الانفطار الى ايونات سالبة وأخرى موجبة . وقد استكشفت هذه عند مساقط شلالات الماء . وكذلك الأمر فى المصابيح المشتعلة وأسلاك المعدن المصهورة الى درجة الاحمرار فانها تحدث ايونات بمقادير كبيرة .

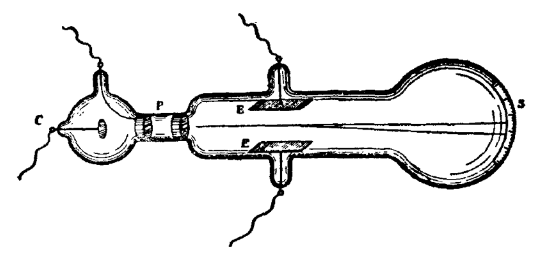
ووجد ك.ت.ر.ويلسون بالتجربة أنه اذا تحلل هواء تام النقاء من الغبار فى وعاء زجاجى الى ايونات فان بخار الماء يتكثف ويكون سحابا. ولكننا لا نأمل أن نرى نقط الماء الفردية كما رأى ايتكن بصعوبة على جسيمات الغبار الكبيرة، فلينظر أولا كيف يكون السحاب .

اتبع ايتكن فى بعض تجاربه الطريقة الآتية لاحداث التكثف على الجسيمات الغبارية . وصل مفرغة هوائية بالوعاء الزجاجى المشتمل على الهواء المراد اختباره وعلى بعض بخار من الماء أيضا . دورة واحدة من المفرغة الهوائية سحبت بعض الهواء ودعت الهواء الباقى الى التمدد بفأة ، وأدى تمدد الهواء الى هبوط درجة حرارته ، وترتب على هذا تكثف البخار المائى على جسيمات الغبار وتكوين سحاب منظور . وهذه الطريقة عينها هى التى استعملت فى عدّ الكهارب .

تعرض كرة زجاجية مشتملة على هواء خال من الغبار تماما وعلى قليل من بخار الماء الى الأشعة السينية فيتحلل الهواء عند ذلك الى ايونات ولا يرى اذ ذاك أثر لهذا العمل حتى يسحب من الكرة بفأة قليل من الهواء بواسطة مفرغة هوائية تتصل بالكرة. عندئذ يرى أنه تكون فيها سحاب منظور .

قبل أن يفكر علماء الفوسيقيين من كمبردج فى عد الكهارب أبان سير چورچ ستوكس كيف يمكن معرفة حجم نقط المطر فى سحاب ما وذلك بمراقبة السرعة التى يسقط بها السحاب . وقد نفع القانون الرياضى الذى وضعه سير چورچ ستكوكس نفعا كبيرا اذ أتى فى الوقت المناسب فى التجارب التى عملت بعد ذلك على السحب المتكونة على

الأيونات السالبة ، أى الذرات الحائزة على كهرب زائد . عرف المجرب بالضبط كم مقدار ما يتكثف من البخار عند كل دورة من دورات المفرغة الهوائية . ولذلك استطاع أن يعرف مجموع وزن الماء الموجود فى السحاب ، وبتقدير وزن كل نقطة على هذا الاعتبار استطاع أن يعرف كم نقطة توجد فى السحاب ، وبالتالى كم عدد الأيونات الموجودة فى السنتيمتر المكعب . ولقد كان عدّ الكهارب هذا شيئا عظيم القدر جدا فقد استطاع الرياضيون بواسطة ما تضمنه من المعلومات أن يقدروا حجم الكهرب وكتلته . واذ سبق تعيين نسبة الشحنة الكهربائية فى الكهرب الى جرمه فقد أمكن الوصول الى قيمة الشحنة .



رسم (و) عمل تجارب على الاليكترونات (الكهارب)

وهناك نقطة أخرى تهم القارئ العادى ، وهى طريقة تعيين سرعة الكهارب . عينت هذه السرعة كما سبق القول فى متن الكتاب بواسطة قياس مقدار الانحراف المسبب عن مجال كهربائى استاتيكى والانحراف المسبب عن مجال مغناطيسى . يدل الرسم على طريقة قياس الانحراف الأليكتروستاتيكى . تنطلق الكهارب عن المهبط «C» وبعد مرورها خلال الشقوق فى الحواجز «P» يمر تيار الكهارب مستقيما الى طرف الأنبوبة ويحدث بقعة من التألق

الفوسفورى على الزجاج. وعند ما تكون اللوحتان «EE» مشحونتين على التناقض ، وذلك بايصالهما ببعض أعمدة من مركم كهربائى ينحرف المجرى . اللوحة المشحونة سلبيا تطرد الكهارب ، أما اللوحة المشحونة ايجابيا فتجذبها ، وعليه فاذا كانت اللوحة العليا هى السالبة فان تيار الكهارب ينحرف الى أسفل بحيث تظهر البقعة المشرقة فى مكان أكثر انحطاطا على طرف الأنبوبة. وهناك مقياس من الورق ملصق على ظاهر الأنبوبة ليعرف به مبلغ الانحراف .

وقد يعرض نفس تيار الكهارب الى تأثير مجال مغناطيسى بامراره بين القطبين الجانبيين من مغناطيس . وقد تهيأ احدى القوتين بحيث تعادل القوة الأخرى وبواسطة عمليتى القياس الممكن الحصول عليها بهذه الواسطة تعين سرعة الكهارب . وقد تكلمنا عن مقادير السرعة الحقيقية للكهارب فى الباب الثالث من الكتاب . وهذا الجهاز نفسه يمد الرياضيين بالنسبة بين الشحنة والكتلة ، وهى المشار اليها فى صفحة رقم ٣٠١

ويستطيع القارئ أن يرى مجموعة أجهزة مستعملة لبيان التفصيلات السابقة فى قسم العلوم من متحف فيكتوريا وألبرت (بلندن) فقد أعارهم إياها الأستاذ ج. ج تومسون

انتهى الكتاب

(المطبعة الاميرية ١٠٦٨٠/١٩٢٦/١٠٠٠)


Bibliotheca Alexandrina
06332990